

**Universidad de Costa Rica  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil**

**Propuesta de mejoras ante riesgo de incendio en la Escuela Joaquín L. Sancho y su  
adecuación para cumplir con la Ley 7600**

**Trabajo de Graduación**

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

**Diego Vásquez Fernández**

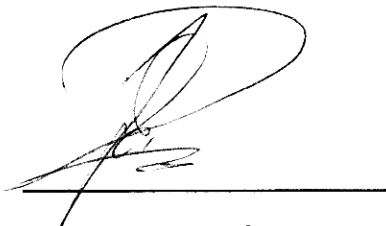
Director de Proyecto de Graduación:

**Ing. Marcos Rodríguez Mora**

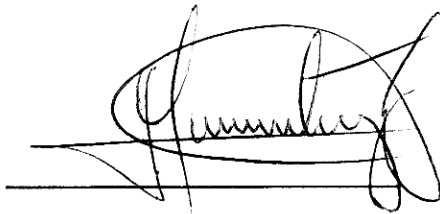
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

**Consejo Asesor**

El presente trabajo de graduación fue aprobado por la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica y revisado por el Comité Asesor como requisito para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Director:**A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'M' and 'R' followed by a horizontal line.

Ing. Marcos Rodríguez Mora

**Asesores:**A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized 'M' and 'G' followed by a horizontal line.

Ing. Manuel Martínez Guevara

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'J' and 'V' followed by a horizontal line.

Lic. Jesús María Chavarría Vega

Fecha: 2012, Febrero, 10.

**El suscrito Diego Vásquez Fernández**, cédula 1-1249-0201, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné **A35571** manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación **Propuesta de mejoras ante riesgo de incendio en la Escuela Joaquín L. Sancho y su adecuación para cumplir con la Ley 7600**, bajo la Dirección del **Ing. Marcos Rodríguez Mora**, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

**Nota:** De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

## **Dedicatoria**

Este proyecto se lo dedico primeramente a Dios por darme la salud, la voluntad y la perseverancia para concluir con esta etapa académica de mi vida.

A mi madre por su amor y gran esfuerzo para permitirme terminar mis estudios.

A mi abuelita Tita que ha sido siempre un apoyo incondicional, siendo otra madre para mí.

A mi abuelito Tati, que aunque ahora nos cuida desde el cielo, siempre fue un ejemplo y un verdadero padre para mí.

A mi familia, la cual gracias a Dios siempre ha estado muy unida, y siempre han sido un gran apoyo.

## **Agradecimientos**

A Dios, por la salud y la familia que me dio, bases fundamentales para alcanzar esta meta.

A mi familia, los cuales siempre han sido un gran apoyo y un ejemplo a seguir.

A mis amigos y compañeros por todos los momentos compartidos.

Al Ing. Marcos Rodríguez Mora por convertirse en mi director de proyecto, por toda su colaboración y disposición para poder realizar este proyecto.

Al Ing. Manuel Martínez Guevara, por su disposición y recomendaciones para cumplir a cabalidad este proyecto.

Al Lic. Jesús María Chavarría Vega, por permitirme realizar mi proyecto de graduación en su escuela y por toda su colaboración durante la realización de este trabajo.

Vásquez Fernández, Diego

Propuesta de mejoras ante riesgo de incendio en la Escuela Joaquín L. Sancho y su adecuación para cumplir con la Ley 7600.

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil - San José, C.R.:

D. Vásquez F., 2012

vi, 129h: 31 ils. - 18 refs.

### **Resumen**

El principal objetivo de este proyecto es poder evaluar el riesgo de incendio en las instalaciones de la Escuela Joaquín L. Sancho y proponer las medidas que se consideren necesarias para minimizar dicho riesgo. Para evaluar el estado de las instalaciones se utilizaron dos métodos diferentes, el método de MESERI y el método de Gretener, así como también se utilizó el **“Manual de Disposiciones Técnicas Generales al Reglamento sobre Seguridad Humana y Protección contra Incendios”, el cual es la normativa que rige en este momento en nuestro país.**

Por medio de estos métodos se hizo un análisis tanto de los medios de protección pasiva (calidades propias del edificio para evitar o controlar un incendio) como los medios de protección activa (medios que ayudan a detectar y combatir un incendio) presentes o ausentes en la edificación, y con esto determinar el estado actual de las edificaciones en cuanto a riesgo de incendio.

Una vez realizado este análisis, se pudo determinar las principales carencias de la escuela, y se puede concluir que el riesgo de incendio es considerable, por lo que se deben tomar las medidas necesarias para disminuir dicho riesgo, entre las principales opciones se tienen los sistemas de detección de humo, extintores portátiles y un plan de emergencias actualizado, y de implementarse estas mejoras se lograría obtener un valor de riesgo aceptable.

Se incluye además una valoración del estado actual de las instalaciones en comparación con los lineamientos que pide el reglamento de la Ley 7600, en cuanto al acceso al espacio físico, y se proponen las mejoras necesarias que se deben implementar para el cumplimiento de la misma.

Palabras Claves: RIESGO DE INCENDIO, ESCUELA, PREVENCIÓN, ACCESIBILIDAD, LEY 7600, GRETENER, MESERI.

# Contenido General

Capítulo 1. Introducción.....	11
1.1 Justificación.....	11
1.1.1 El problema específico.....	11
1.1.2 Importancia.....	12
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo general.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Marco teórico e hipótesis.....	14
1.4 Delimitación del problema.....	17
1.4.1 Alcance.....	17
1.4.2 Limitaciones.....	17
1.5 Metodología.....	18
Capítulo 2. Cálculo de riesgo de incendio.....	20
2.1 Normativa del INS.....	20
2.1.1 Generalidades.....	20
2.1.2 Protección Pasiva.....	20
2.1.3 Protección Activa.....	23
2.1 Método simplificado MESERI.....	26
2.1.1 Generalidades del método.....	26
2.1.2 Ejecución del método en el campo.....	41
2.1.3 Resultados obtenidos.....	64
2.2 Método de Gretener.....	65
2.2.1 Generalidades del método.....	65
2.2.2 Ejecución del método en el campo.....	86
2.2.3 Resultados obtenidos.....	98
Capítulo 3. Adecuación de la Escuela conforme a la Ley 7600.....	101
3.1 Descripción del reglamento a la Ley 7600 y verificación del cumplimiento en las instalaciones de la escuela.....	101
3.1.1 Fiscalización.....	101
3.1.2 Principios de accesibilidad.....	101

3.1.3 Símbolo internacional de acceso .....	101
3.1.4 Lavaderos y fregaderos.....	102
3.1.5 Fuentes de calor .....	103
3.1.6 Cocina.....	104
3.1.7 Puertas.....	104
3.1.8 Ventanas .....	106
3.1.9 Controles de ventanas .....	107
3.1.10 Cuarto de baño .....	107
3.1.11 Dispositivos y accesorios .....	107
3.1.12 Lavatorios.....	107
3.1.13 Duchas .....	108
3.1.14 Pendientes.....	108
3.1.15 Pasamanos .....	109
3.1.16 Escaleras .....	110
3.1.17 Pisos antiderrapantes.....	110
3.1.18 Contraste en la coloración .....	111
3.1.19 Iluminación artificial.....	111
3.1.20 Barandas de seguridad.....	111
3.1.21 Pasillos .....	112
3.1.22 Servicios sanitarios .....	112
3.1.23 Inodoros, duchas y accesorios.....	113
3.1.24 Dispositivos.....	113
3.1.25 Cerraduras.....	113
3.1.26 Mesas, mostradores y ventanillas.....	114
3.1.27 Estantes .....	114
3.1.28 Entradas a edificios.....	114
Capítulo 4. Análisis de resultados.....	115
4.1 Riesgo de incendio .....	115
4.2 Adecuación a la Ley 7600.....	118
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones .....	122
5.1 Conclusiones.....	122



5.2 Recomendaciones .....	124
Referencias Bibliográficas.....	128
Anexo I. Cargas térmicas .....	130
Anexo II. Clasificación de materiales.....	132
Anexo III. Resistencias al fuego .....	134
Anexo IV. Extintores portátiles .....	137
Anexo V. Presupuesto estimado de mejoras .....	141
Anexo VI. Protocolo de incendio .....	145
Anexo VII. Señalización .....	151

## **Índice de figuras**

Figura 1.1: <b>Metodología a seguir en el proyecto "Evaluación de riesgo de incendio en la Escuela Joaquín L. Sancho y su adecuación para cumplir con la Ley 7600.</b> ....	19
Figura 2.1. Pasillos principales y secundarios con un ancho mayor al establecido .....	22
Figura 2.2. Ubicación de los hidrantes exteriores cercanos.....	40
Figura 2.3. Distribución de la Escuela Joaquín L. Sancho.....	42
Figura 3.1. Símbolo Internacional de Acceso.....	102
Figura 3.2. Fregaderos de soda y sala de profesores. ....	103
Figura 3.3. Lavaderos .....	103
Figura 3.4. Cocina .....	104
Figura 3.5. Puertas de servicios sanitarios. ....	105
Figura 3.6. Ventanas de los pabellones .....	106
Figura 3.7. Lavatorios .....	108
Figura 3.8. Ejemplo de rampas de acceso.....	109
Figura 3.9. Rampas y gradas sin pasamanos .....	110

Figura 3.10. Pasillo exterior en concreto.....	111
Figura 3.11. Inodoro colocado al centro y sin agarraderas .....	112
Figura 4.1. Modificaciones necesarias en escaleras para cumplir con la Ley 7600. ....	118
Figura 4.2. Vista de las gradas con las modificaciones necesarias para cumplir con la Ley 7600. ....	119
Figura 4.3. Modificación en pendiente de rampa para cumplir con la Ley 7600. ....	120
Figura 4.4. Vista inferior y superior de la rampa de acceso con las modificaciones para cumplir con la Ley 7600.....	120
Figura VI.1. Ubicación de extintores portátiles .....	149
Figura VI.2. Ruta de evacuación .....	150
Figura VII.1. Pictograma A2 (P-A2) .....	151
Figura VII.2. Señal literal S.L.-1 .....	152
Figura VII.3. Señalización de salidas de emergencia Pictograma 4 (P-4).....	153
Figura VII.4. Señal literal (S.L.-2) .....	154
Figura VII.5. Pictograma A2 (P-A2) acolado con el pictograma 24 (P-24). ....	155
Figura VII.6. Señal literal (S.L.-1) acolada con el pictograma 24 (P-24).....	156
Figura VII.7. Pictograma A1 (P-A1).....	156
Figura VII.8. Señalización de tramos de recorrido de evacuación que conducen a salidas de emergencia.....	157
Figura VII.9. Señalización de tramos de recorrido de evacuación que conducen a salidas de emergencia.....	158
Figura VII.10. Mapa de señalización de evacuación .....	159

## Índice de cuadros

Cuadro 2.1 Comparación en cuanto a protección pasiva .....	22
Cuadro 2.2 Comparación en cuanto a protección activa .....	25
Cuadro 2.3 Número de plantas o altura del edificio .....	28
Cuadro 2.4 Superficie del mayor sector de incendio.....	29
Cuadro 2.5 Resistencia al fuego de los elementos constructivos .....	29
Cuadro 2.6 Falsos techos .....	30
Cuadro 2.7 Distancia de los bomberos .....	30
Cuadro 2.8 Accesibilidad a los edificios.....	31
Cuadro 2.9 Peligro de activación.....	31
Cuadro 2.10 Carga térmica .....	32
Cuadro 2.11 Inflamabilidad de los combustibles.....	32
Cuadro 2.12 Orden, limpieza y mantenimiento.....	33
Cuadro 2.13 Almacenamiento en altura.....	33
Cuadro 2.14 Concentración de valores .....	34
Cuadro 2.15 Destrucción por calor.....	34
Cuadro 2.16 Destrucción por humo .....	35
Cuadro 2.17 Destrucción por corrosión .....	35
Cuadro 2.18 Destrucción por agua .....	35
Cuadro 2.19 Propagabilidad horizontal .....	36
Cuadro 2.20 Propagabilidad vertical.....	36
Cuadro 2.21 Detección automática .....	38
Cuadro 2.22 Rociadores automáticos .....	38
Cuadro 2.23 Extintores portátiles.....	38
Cuadro 2.24 Bocas de incendio equipadas.....	39
Cuadro 2.25 Hidrantes exteriores.....	39

Cuadro 2.26 Equipos de intervención de incendios .....	41
Cuadro 2.27 Planes de autoprotección y de emergencia interior .....	41
Cuadro 2.28 Área de edificaciones de la escuela .....	43
Cuadro 2.29 Determinación de la carga térmica del pabellón 1 .....	43
Cuadro 2.30 Determinación de la carga térmica del pabellón 2 .....	44
Cuadro 2.31 Determinación de la carga térmica del pabellón 3 .....	44
Cuadro 2.32 Determinación de la carga térmica del pabellón 4 .....	44
Cuadro 2.33 Determinación de la carga térmica del gimnasio .....	44
Cuadro 2.34 Resumen de Cargas térmicas en MJ/m <sup>2</sup> .....	45
Cuadro 2.35 Factores de construcción del pabellón 1 .....	45
Cuadro 2.36 Factores de situación del pabellón 1 .....	46
Cuadro 2.37 Factores de proceso/operación del pabellón 1 .....	46
Cuadro 2.38 Factores de destructibilidad del pabellón 1 .....	47
Cuadro 2.39 Factores de propagabilidad del pabellón 1 .....	47
Cuadro 2.40 Factores de protección del pabellón 1 .....	48
Cuadro 2.41 Factores de construcción del pabellón 2 .....	49
Cuadro 2.42 Factores de situación del pabellón 2 .....	49
Cuadro 2.43 Factores de proceso/operación del pabellón 2 .....	50
Cuadro 2.44 Factores de destructibilidad del pabellón 2 .....	51
Cuadro 2.45 Factores de propagabilidad del pabellón 2 .....	51
Cuadro 2.46 Factores de protección del pabellón 2 .....	52
Cuadro 2.47 Factores de construcción del pabellón 3 .....	53
Cuadro 2.48 Factores de situación del pabellón 3 .....	54
Cuadro 2.49 Factores de proceso/operación del pabellón 3 .....	54
Cuadro 2.50 Factores de destructibilidad del pabellón 3 .....	55
Cuadro 2.51 Factores de propagabilidad del pabellón 3 .....	55

Cuadro 2.52 Factores de protección del pabellón 3.....	56
Cuadro 2.53 Factores de construcción del pabellón 4.....	57
Cuadro 2.54 Factores de situación del pabellón 4.....	57
Cuadro 2.55 Factores de proceso/operación del pabellón 4.....	58
Cuadro 2.56 Factores de destructibilidad del pabellón 4.....	59
Cuadro 2.57 Factores de propagabilidad del pabellón 4.....	59
Cuadro 2.58 Factores de protección del pabellón 4.....	60
Cuadro 2.59 Factores de construcción del gimnasio.....	61
Cuadro 2.60 Factores de situación del gimnasio.....	61
Cuadro 2.61 Factores de proceso/operación del gimnasio.....	62
Cuadro 2.62 Factores de destructibilidad del gimnasio.....	63
Cuadro 2.63 Factores de propagabilidad del gimnasio.....	63
Cuadro 2.64 Factores de protección del gimnasio.....	64
Cuadro 2.65 Calificación del riesgo.....	64
Cuadro 2.66 Valor del riesgo de las edificaciones y su calificación.....	65
Cuadro 2.67 Carga de incendio mobiliaria, factor q.....	67
Cuadro 2.68 Combustibilidad, factor c.....	68
Cuadro 2.69 Peligro de humo, factor r.....	68
Cuadro 2.70 Peligro de corrosión, factor k.....	69
Cuadro 2.71 Carga de incendio inmobiliaria, factor i.....	70
Cuadro 2.72 Nivel de planta/altura útil del local, factor e, para edificios de una planta.....	71
Cuadro 2.73 Nivel de planta/altura útil del local, factor e, para sótanos.....	72
Cuadro 2.74 Nivel de planta/altura útil del local, factor e, para edificios de varias plantas....	72
Cuadro 2.75 Amplitud de superficie, factor g.....	74
Cuadro 2.76 Medidas normales de protección.....	77
Cuadro 2.77 Medidas especiales de protección.....	82

Cuadro 2.78 Medidas inherentes a la construcción. ....	84
Cuadro 2.79 Peligro de activación, factor A.....	85
Cuadro 2.80 Categoría de peligro para las personas .....	86
Cuadro 2.81 Carga de incendio mobiliario (q) de la edificación. ....	87
Cuadro 2.82 Combustibilidad de las edificaciones, factor c. ....	87
Cuadro 2.83 Peligro de humo, factor r.....	88
Cuadro 2.84 Peligro de corrosión/toxicidad, factor k. ....	88
Cuadro 2.85 Carga de incendio inmobiliaria, factor i. ....	89
Cuadro 2.86 Nivel de planta/altura útil del local, factor e. ....	89
Cuadro 2.87 Amplitud de superficie, factor g. ....	90
Cuadro 2.88 Requerimiento de extintores portátiles .....	90
Cuadro 2.89 Extintores portátiles, factor n1. ....	91
Cuadro 2.90 Bocas de incendio equipadas, factor n2. ....	91
Cuadro 2.91 Fiabilidad de abastecimiento de agua, factor n3. ....	92
Cuadro 2.92 Conducto de alimentación, factor n4. ....	92
Cuadro 2.93 Instrucción del personal, factor n5. ....	93
Cuadro 2.94 Detección del fuego, factor s1. ....	93
Cuadro 2.95 Transmisión de la alarma, factor s2. ....	94
Cuadro 2.96 Bomberos oficiales y de empresa, factor s3.....	94
Cuadro 2.97 Escalones de intervención de los bomberos públicos, factor s4. ....	95
Cuadro 2.98 Instalaciones fijas de extinción, factor s5. ....	95
Cuadro 2.99 Instalaciones automáticas de evacuación de calor y humo, factor s6. ....	95
Cuadro 2.100 Estructura portante, factor f1.....	96
Cuadro 2.101 Fachadas, factor f2. ....	96
Cuadro 2.102 Forjados, factor f3. ....	97
Cuadro 2.103 Células corta-fuegos, factor f4. ....	97

Cuadro 2.104 Peligro de activación, factor A.....	98
Cuadro 2.105 Peligro para las personas, factor P <sub>H,E</sub> .....	98
Cuadro 2.106 Resumen de factores y peligro potencial, factor P.....	100
Cuadro 2.107 Resumen de medidas de protección, factor M. ....	100
<b>Cuadro 2.108 Resumen de resultados, factor <math>\gamma</math>.</b> .....	100
Cuadro 4.1 Resultados del método MESERI con medidas implementadas .....	116
Cuadro 4.2 Resumen de factores y peligro potencial con mejoras implementadas.....	117
Cuadro 4.3 Resumen de medidas de protección con mejoras implementadas. ....	117
Cuadro 4.2 Resultados obtenidos con mejoras implementadas. ....	117
Cuadro AI-1. Cargas térmicas (Uso almacenamiento) .....	130
Cuadro AI-2. Cargas térmicas (Usos fabriles) .....	131
Cuadro AI-3. Cargas térmicas (Usos comerciales) .....	131
Cuadro AII-1. Clasificación de materiales según combustibilidad.....	132
Cuadro AII-2. Ejemplos de materiales M0.....	132
Cuadro AII-3. Ejemplos de materiales M1 .....	132
Cuadro AII-4. Ejemplos de materiales M2.....	133
Cuadro AII-5. Ejemplos de materiales M3.....	133
Cuadro AII-6. Ejemplos de materiales M4.....	133
Cuadro AII-7. Ejemplos de materiales M5.....	133
Cuadro AIII-1. Resistencia al fuego de pisos y techos.....	134
Cuadro AIII-2. Resistencia al fuego de muros y tabiques .....	135
Cuadro AIII-3. Resistencia al fuego de puertas .....	136
Cuadro AIII-4. Resistencia al fuego de muros de carga.....	136
Cuadro AIV-1. Tamaño y localización de extintores para riesgos clase A.....	137
Cuadro AIV-2. Tamaño y localización de extintores para riesgos clase B.....	138
Cuadro AIV-3. Requerimiento por unidad de extintores portátiles de la edificación. ....	139

Cuadro AIV-4. Requerimiento por peso de extintores portátiles de la edificación.....	139
Cuadro AV-1. Costo de implementación para extintores portátiles.....	142
Cuadro AV-2. Costo de implementación para arreglar las escaleras de concreto.....	142
Cuadro AV-3. Costo de implementación para modificar la rampa de acceso.....	143
Cuadro AV-4. Costo de rotulación para plan de emergencia.....	143
Cuadro AV-5. Costo de implementación de detectores de humo.....	143
Cuadro AV-6. Costo de implementación de las luces de emergencia.....	144
Cuadro AV-7. Costo de aplicar pintura para resaltar los marcos de las puertas.....	144
Cuadro AVII-1. Medidas de la señalización de salidas normales.....	152
Cuadro AVII-2. Medidas de la señalización de salidas de emergencia.....	153
Cuadro AVII-3. Medidas pictograma A1 (P-A1).....	158



## **Capítulo 1. Introducción**

### **1.1 Justificación**

#### **1.1.1 El problema específico**

La Escuela Joaquín L. Sancho se ubica en Palmares de Alajuela, específicamente en el distrito de Buenos Aires. Esta escuela es de las más antiguas del cantón, ya que fue fundada el 15 de agosto de 1953, por lo que gran parte de sus instalaciones, aunque se han hecho algunas mejoras, se encuentran deterioradas o en mal estado.

La población estudiantil es de aproximadamente 540 estudiantes, los cuales se dividen en dos turnos, uno en la mañana y otro en la tarde, esto con el fin de poder dar abasto con la capacidad que tienen las instalaciones del centro educativo.

Como es sabido, los incendios poseen un alto poder destructivo, especialmente en estructuras viejas o carentes de mantenimiento, por lo que pueden provocar graves daños materiales, y más importante aún poner en riesgo la vida de las personas que las ocupan.

Para evitar que suceda una tragedia en esta escuela, se debe desarrollar un plan de emergencias para que todos los ocupantes, tanto estudiantes, funcionarios y misceláneos, lo conozcan y lo tengan presente, para que así en caso de que surja una emergencia, éste se aplique y proporcione seguridad y orden en la evacuación, y lo más importante, proteja la vida de éstos.

Por otro lado, cabe resaltar que la institución al ser tan antigua, aunque se han realizado mejoras en este campo, todavía presenta algunos problemas que incumplen con la Ley 7600, **“Ley de Igualdad de Oportunidades para Personas con Discapacidad”**, por lo que la adecuación al cumplimiento de esta ley se presenta como una necesidad, además de que su cumplimiento puede ayudar en gran medida para una mayor eficacia del plan de emergencias antes mencionado.

### **1.1.2 Importancia**

En nuestro país, el diseño y construcción de edificaciones, se ha basado principalmente en la resistencia de éstas a los sismos, dejando de lado el comportamiento que puedan presentar ante un incendio. Por esta razón, desde enero de 2005 empezó a regir el **“Manual de Disposiciones Técnicas Generales al Reglamento sobre Seguridad Humana y Protección contra Incendios”** cuya normativa debe ser acatada en forma obligatoria en toda nueva construcción, edificación ya existente o cualquier lugar destinado a la ocupación de personas de manera temporal o permanente.

Con esto lo que se busca, es que la edificación, independientemente de su naturaleza y tipo de funcionamiento, ante un incendio, pueda hacerle frente de la mejor manera, disminuyendo los daños que pudiesen ocurrirle y permitiendo también un retardo de tiempo, el cual en combinación con un adecuado plan de emergencias permita poder evacuar y poner a salvo a sus ocupantes.

La Escuela Joaquín L. Sancho, como se mencionó anteriormente, es un sitio donde se concentran grandes cantidades de personas, además de esto las instalaciones ya tienen más de 55 años, por lo que es necesario determinar, usando los diferentes métodos de evaluación apropiados, si la estructura de esta escuela cumple con la normativa para disminuir el riesgo de incendio.

Luego de realizar el análisis de riesgo de incendio, el objetivo es brindar opciones de mejora, para lo cual se plantearán medidas correctivas que mitiguen las deficiencias encontradas, y así crear mayor seguridad en esta institución.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Proponer mejoras ante el riesgo de incendio que se podría presentar en la Escuela Joaquín L. Sancho y plantear las modificaciones que se considere necesarias para cumplir con la ley 7600.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analizar el estado actual de las instalaciones y compararla con las disposiciones reglamentarias de nuestro país.
- Evaluar de forma cualitativa y cuantitativa el riesgo de incendio de la estructura, por medio de los métodos Gretener y simplificado Meseri.
- Valorar la infraestructura de mitigación de incendios existente en el área de estudio.
- Establecer posibles soluciones para disminuir el riesgo de incendio.
- Analizar el estado actual de las instalaciones y verificar si cumplen con la Ley 7600.
- Definir posibles soluciones y seleccionar la más viable de ejecutar.
- Elaborar un diseño preliminar de la solución seleccionada y estimar el costo para su implementación.
- Elaborar el protocolo de incendio para la edificación.

## 1.3 Marco teórico e hipótesis

### El fuego

El fuego es un proceso de oxidación rápido y violento, auto mantenido, de un material combustible, acompañado de un desprendimiento de calor, luz, vapor de agua y dióxido de carbono

Para que se origine el fuego, es necesaria la combinación de cuatro componentes fundamentales, los cuales se citan a continuación:

-Combustible: este puede ser cualquier material combustible, ya sea sólido, líquido o gas, los cuales son capaces de liberar energía cuando se queman.

-El oxígeno: el aire a nuestro alrededor contiene una concentración porcentual volumétrica del 21% de oxígeno aproximadamente, cantidad superior al 16% que se requiere para que sea posible la combustión.

-Temperatura de ignición: llamada también energía de activación, es la energía requerida para elevar la temperatura del combustible hasta el punto en que ocurra la ignición

-Reacción en cadena: se produce al encontrarse los tres elementos anteriores en las condiciones y proporciones adecuadas, y cuando se lleva a cabo en forma rápida se produce el fuego. Mediante esta reacción es posible que la combustión se mantenga constante, y por lo tanto continúe el desarrollo del fuego.

Es importante destacar que los fuegos se diferencian entre sí dependiendo del material combustible, según la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) esta clasificación es la siguiente:

- Fuegos Clase A: Son los fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela papel, caucho y muchos plásticos.

- Fuegos Clase B: Son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.

- Fuegos Clase C: Son fuegos en sitios que involucran equipos eléctricos energizados.

- Fuegos Clase D: Son aquellos fuegos en metales combustibles como Magnesio, Titanio, Circonio, Sodio, Litio y Potasio.
- Fuegos Clase K: Fuegos en aparatos de cocina que involucren un medio combustible para cocina (aceites minerales, animales y grasas).

## **El incendio**

Un incendio se puede definir como un fenómeno destructivo por parte del fuego, es decir, es cuando existe una ocurrencia de fuego, pero en cuyo caso no hay control alguno e incluso se tiende a abrasar algo que no debía quemarse. Un incendio se inicia al poner en contacto un material combustible (mobiliario, cortinas, libros y papelería, basura, otros) con una fuente de calor (equipos eléctricos, velas, cigarrillos, etc.), generando gases invisibles y visibles llamados humo (gas tóxico compuesto de monóxido de carbono); son estos gases, no los combustibles sólidos, los que producen las llamas.

## **Evaluación del riesgo de incendio**

Entre la principal normativa que envuelve a este proyecto se encuentran el Reglamento a la Ley 8228 del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, utilizado como referencia, especialmente el Capítulo II: Prevención contra incendios y otras situaciones específicas de emergencia. **Además se utilizará el "Manual de Disposiciones Técnicas Generales al Reglamento sobre Seguridad Humana y Protección contra Incendios" del Instituto Nacional de Seguros (INS)**, el cual presenta una excelente guía para determinar cualitativamente en qué estado se encuentra la edificación. Estas dos normativas o manuales, hacen referencia a una normativa estadounidense, **la "National Fire Protection Association" (NFPA) que se conoce como la "NFPA 101"** que es la más utilizada en América Latina.

En cuanto a la cuantificación del riesgo de incendio de una determinada edificación, existen diferentes métodos que son empleados según lo que se requiera. Entre los métodos existentes se pueden mencionar: los coeficientes k, el Método de Gretener, el Método Simplificado de Evaluación de Riesgo de Incendio (Meseri), el método alemán Gustav Purst, el método E.R.I.C, y el belga F.R.A.M.E., cada uno de ellos con sus respectivas ventajas y limitaciones.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán los métodos de Gretener y Meseri, los cuales se consideran los más representativos para este caso, además de que han sido los aplicados en otros proyectos finales de graduación, mostrando que permiten lograr una evaluación de riesgo bastante efectiva. A continuación se presenta una descripción general de cada método.

### **Método de Gretener**

El Método Gretener, se considera el pionero del análisis de riesgo. Su enfoque fue hacia el riesgo de incendio en la industria, pero su aplicación se puede dar a cualquier edificación. Este método permite realizar una valoración global, concluyendo si una estructura es segura o no contra incendios. Para realizar esta determinación, utiliza gran cantidad de variables o condiciones de la estructura y depende mucho de la capacidad de observación del evaluador.

El método parte del cálculo de un riesgo potencial de incendio, que toma en cuenta los riesgos presentes y los medios de protección existentes en el edificio, entre otros aspectos.

Al final de la aplicación de este método se va a contar con una evaluación global significativa, y con esto poder verificar si el riesgo al que está sometida la edificación es aceptable o no, y de no ser así, sugerir las medidas necesarias para reducirlo.

Entre los defectos de este método es que no realiza análisis por aposentos, sino que incluye a la edificación como un todo, por lo que es necesario complementar este método con el método simplificado de Meseri, y así obtener una mejor evaluación del riesgo de incendio.

### **El método simplificado Meseri**

Este método incluye dos bloques muy bien definidos, los cuales son los factores propios de las instalaciones y los factores de protección que se emplearon en la infraestructura.

En cuanto a las características propias de la edificación, toma en cuenta su construcción, situación, procesos, concentración, propagabilidad y destructibilidad. Para los factores de protección incluye los extintores, bocas de incendio equipadas, bocas hidrantes exteriores, detectores automáticos de incendio, rociadores automáticos e instalaciones fijas especiales, entre otros.

Para el análisis de riesgo utiliza varios coeficientes para cada bloque, y en forma de lista de verificación, se van dando puntajes a cada uno de los apartados anteriores. Finalmente se calcula un coeficiente de protección frente al incendio y se obtiene una calificación de riesgo aceptable o no aceptable en la edificación.

La hipótesis del presente proyecto radica en que es posible definir una solución técnica para reducir el riesgo de incendio en la Escuela Joaquín L. Sancho y que contemple a su vez la adecuación del inmueble para cumplir con la Ley 7600.

## **1.4 Delimitación del problema**

### **1.4.1 Alcance**

Se evaluará el estado actual de las instalaciones de la escuela Joaquín L. Sancho, enfocado en el riesgo de incendio. Para **este propósito se utilizará el "Manual de Disposiciones Técnicas Generales al Reglamento sobre Seguridad Humana y Protección contra Incendios", así como también los métodos Gretener y Meseri.**

El proyecto en sí se limitará a realizar el análisis solo para las edificaciones pertenecientes a este centro, y quedan por fuera los problemas o riesgos que presenten los edificios o casas en sus alrededores.

Se inspeccionarán las instalaciones de la escuela con el fin de comparar lo solicitado por la Ley 7600 con la infraestructura actual, y se propondrán las remodelaciones necesarias para que cumpla con esta ley.

Se propondrán recomendaciones para disminuir el riesgo de incendio en las instalaciones, y estas recomendaciones se entregarán en dos formatos: descripción escrita y planos constructivos aclaratorios.

### **1.4.2 Limitaciones**

No se tomarán en cuenta para el análisis de riesgo, posibles ampliaciones futuras de la Escuela Joaquín L. Sancho, es decir se basará únicamente en la infraestructura existente en la actualidad.

Al tratarse de una edificación tan antigua, no se cuenta con la totalidad de los planos constructivos de las instalaciones para complementar lo apreciado y valorado en el campo.

## **1.5 Metodología**

La metodología a seguir para la elaboración del proyecto propuesto se muestra en la Figura 1.

Primero se procederá a recopilar información del tema a desarrollar. Este apartado ya se adelantó bastante en la realización de esta propuesta, pero aún es necesario profundizar más en el tema en cuanto a generalidades del fuego e incendios.

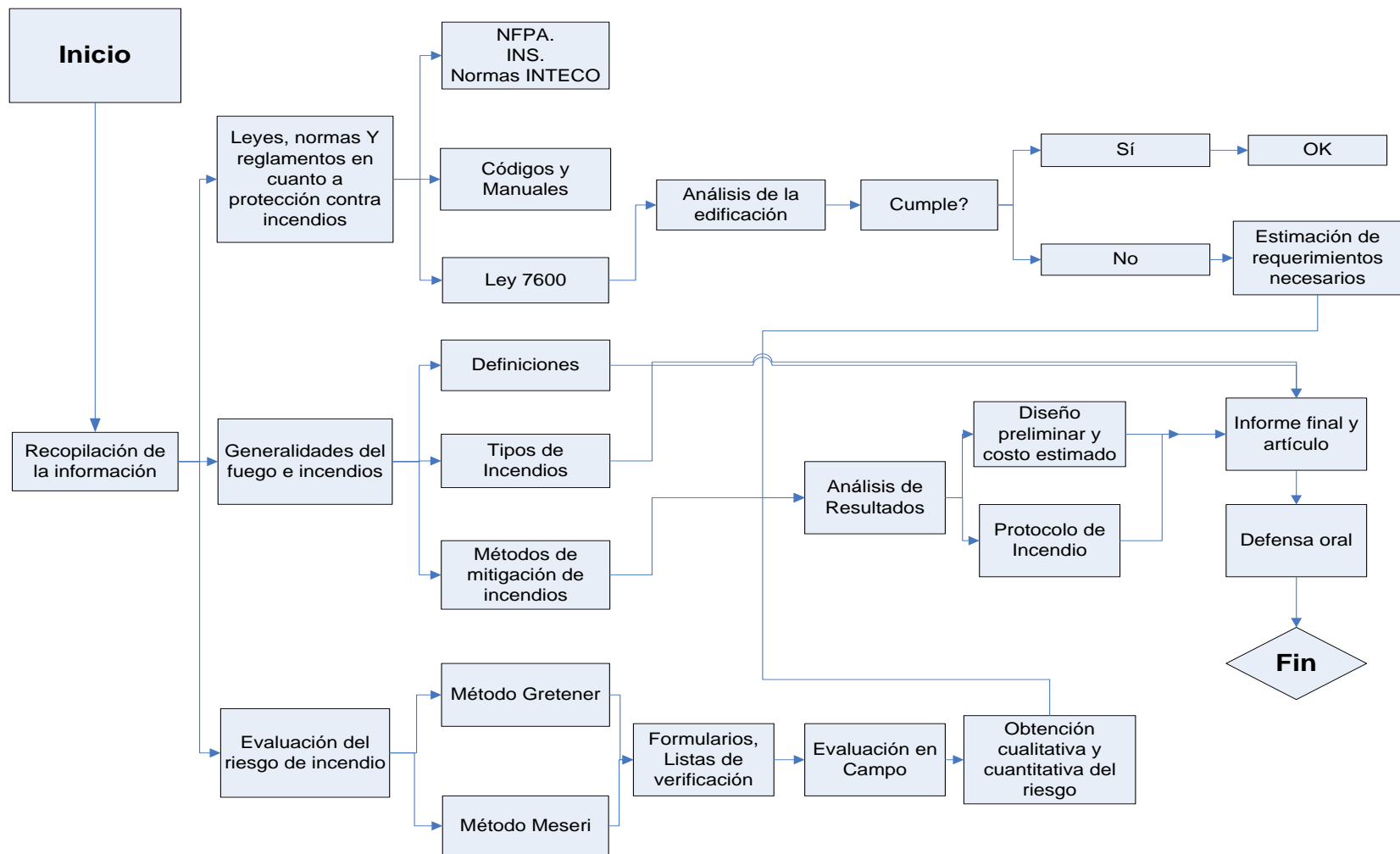
Seguidamente se formularán las listas de verificación para las inspecciones, tanto para la evaluación de riesgo de incendio como para también el cumplimiento de la ley 7600. Esta tarea facilitará la evaluación en el campo, pues se tendrá una idea del propósito de cada inspección.

Se realizarán las inspecciones que sean necesarias para garantizar que se incluyeron todas las posibles zonas de riesgo. Posteriormente se procederá a realizar el análisis de los datos obtenidos en las inspecciones. Para el caso de riesgo de incendio, esto se realizará mediante utilización de las metodologías de Gretener y MESERI principalmente.

En la etapa de resultados, si las calificaciones en cuanto a riesgo son desfavorables según los criterios de cada método, se procederá a dar recomendaciones. Igualmente se procederá a girar las recomendaciones necesarias para cumplir con la normativa de Incendios del INS como con la Ley 7600.

Teniendo todos los resultados, se definen posibles soluciones. Con base a ellas, se selecciona la más viable de ejecutar. Para esta, se realiza un diseño preliminar incluyendo el costo de implementarla. Adicional a la solución, se elaborará un protocolo de incendio para la edificación.





**Figura 1.1:** Metodología a seguir en el proyecto "Evaluación de riesgo de incendio en la Escuela Joaquín L. Sancho y su adecuación para cumplir con la Ley 7600.

## **Capítulo 2. Cálculo de riesgo de incendio**

### **2.1 Normativa del INS**

#### **2.1.1 Generalidades**

Para verificar el estado actual de las instalaciones se utilizó el “Manual de Disposiciones Técnicas Generales al Reglamento sobre Seguridad Humana y Protección contra Incendios” el cual presenta una excelente guía para determinar cualitativamente en qué estado se encuentra la edificación. Por tratarse de una escuela, se utilizarán los requerimientos del Artículo 9º de este Manual, “Sitios de ocupación educativa”, el cual se basa en recomendaciones de la NFPA 101, específicamente los capítulos 14 y 15.

Este Manual hace un análisis de los diferentes tipos de protección presentes en la escuela, las cuales se pueden catalogar como medidas de protección pasiva y medidas de protección activa, las cuales dependen de la función que cumplen cada una.

#### **2.1.2 Protección Pasiva**

La protección pasiva consiste en las cualidades propias del edificio para evitar o detener la propagación del fuego, entre estas cualidades se pueden destacar: un adecuado diseño y distribución del edificio, los materiales de construcción utilizados sean resistentes al fuego, se cuente con pasillos amplios, entre otros.

Como se puede observar, los medios de protección pasiva no combaten el fuego directamente, sino más bien tratan de prevenir la propagación de éste, y a la vez poner a salvo a los ocupantes de las instalaciones.

##### 2.1.2.1 Salidas al exterior

El recorrido hasta alcanzar una salida no debe ser superior a 30 m. En caso de que se instale, apruebe y supervise un sistema de rociadores automáticos, el recorrido no debe ser superior a 61 m.

##### 2.1.2.2 Separación entre la salida de emergencia y una salida ordinaria

Las salidas deberán estar alejadas entre sí, para que se minimice la posibilidad de que en forma simultánea queden bloqueadas por un incendio u otra condición de emergencia.

La separación entre una salida de emergencia y una salida ordinaria o entre dos salidas ordinarias contempladas para el proceso de evacuación, será al menos, la mitad de la longitud de la máxima dimensión diagonal externa del área del edificio que debe ser servida.

Si se cuenta con rociadores automáticos, diseñados, instalados y supervisados según NFPA 13, la separación será: un tercio de la máxima dimensión diagonal externa del área del edificio que debe ser servida.

#### 2.1.2.3 Pasillos

Pasillos principales: Según cálculo de evacuación pero no menor a un ancho de 2.40 m, conforme el Reglamento de Construcciones.

Pasillos secundarios: Según cálculo de evacuación pero no menor a un ancho de 1.20 m, conforme al Reglamento de Construcciones.

#### 2.1.2.4 Barandas

Altura mínima de 1,07 m, según NFPA 101.

#### 2.1.2.5 Separación muros corta fuego

Los espacios para almacenamiento, procesamiento o uso de materiales deberán tener una separación de al menos 15 m con respecto al resto de edificios o una separación física mediante muros corta fuego con una resistencia no inferior a 1 hora.

#### 2.1.2.6 Accesos vehiculares

Todo acceso vehicular a un espacio a cielo abierto de un edificio educacional deberá contar con las siguientes dimensiones:

Ancho libre: 5,00m - Altura libre: 5,00m - Radio de giro externo: 13,00m

Calles internas frente a fachadas - Ancho mínimo: 6 m

En el cuadro 2.1 se hace una comparación entre los lineamientos requeridos por el Manual y el estado actual de la edificación en cuanto a protección pasiva se refiere.

**Cuadro 2.1** Comparación en cuanto a protección pasiva

Elemento analizado	Cumple con la normativa		Observaciones
	Sí	No	
Recorrido hasta salida menor a 30m		X	Existen distancias de hasta 100m en algunas partes
Salida regular y de emergencia separadas	X		Actualmente se cuenta con dos salidas regulares, y se tiene otra salida que se puede implementar como salida de emergencia
Ancho mínimo de pasillos principales 2.40m	X		Los pasillos principales miden entre 2.5m y 3.0m de ancho
Ancho mínimo de pasillos secundarios 1.20m	X		Los pasillos secundarios miden entre 1.40m y 1.80m de ancho
Altura mínima de barandas de 1.07m		X	No se cuenta con barandas en el Liceo
Separación de muros corta fuegos mínimo 15m		X	No se utilizan muros corta fuegos en el Liceo
Dimensiones mínimas de accesos vehiculares		X	No se cuenta con accesos vehiculares

Fuente: El autor

Algunos ejemplos del estado de las instalaciones en cuanto a protección pasiva se observan en la Figura 2.1



**Figura 2.1.** Pasillos principales y secundarios con un ancho mayor al establecido

### **2.1.3 Protección Activa**

La protección activa consiste en los medios presentes en la edificación para detectar y extinguir un incendio cuando se produce o contenerlo hasta que se logre la extinción del mismo por medios manuales conocidos o por parte del personal calificado contra incendios.

Como parte de estas medidas de protección se puede mencionar las alarmas, sistema de detección con alarma, iluminación de emergencia, adecuada señalización de las vías de evacuación, hidrantes, extintores portátiles, rociadores automáticos, entre otros.

#### 2.1.3.1 Iluminación de emergencia

Todo edificio de uso educacional deberá contar con lámparas autónomas o balastros de emergencia que cuenten con las siguientes características:

Autonomía: 90 minutos, según NFPA 101, capítulo 7.

Desempeño: 10,8 lux promedio en el inicio y 1,1 lux a lo largo de las vías medidas a nivel del suelo, según NFPA 101, capítulo 7.

Desempeño al final de la carga de la batería: Promedio no menor a 6,5 lux y 0.65 lux al final de la duración de la iluminación, según NFPA 101, capítulo 7.

Ubicación: La iluminación de emergencia debe colocarse a lo largo de la ruta de evacuación, pasillos, accesos a salidas de emergencia, escaleras, descarga de escaleras, según requerimiento técnico del Cuerpo de Bomberos del INS.

#### 2.1.3.2 Señalización

La señalización de emergencia debe colocarse a lo largo de la ruta de evacuación, pasillos, accesos a salidas de emergencia, escaleras, descarga de escaleras, según requerimiento técnico del Cuerpo de Bomberos del INS y la norma Inte 21-02-02-96. (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica).

#### 2.1.3.3 Detección y alarma

Todo edificio de uso educacional, deberá contar con un sistema de detección y alarma automático, según NFPA 72.

Excepción: Aquellos edificios que cuenten con un sistema de rociadores automáticos instalado según la NFPA 13, podrán incorporarlo al sistema de alarma adicionando las estaciones manuales y demás accesorios requeridos por la NFPA 72.

#### 2.1.3.4 Rociadores automáticos

Todo edificio de uso educacional con una altura mayor a 22 m, medidos desde el nivel más bajo de acera hasta el nivel de piso terminado del último piso habitable, deberá contar con un sistema de rociadores automáticos y un sistema fijo clase I, diseñados, instalados y mantenidos de acuerdo a las normas NFPA 13 y NFPA 14.

#### 2.1.3.5 Hidrantes

Todo edificio de uso educacional con un área de construcción mayor o igual a 2000 m<sup>2</sup>, deberá contar con un hidrante instalado a la red pública con un diámetro no inferior a 150 milímetros donde esté disponible, caso contrario, el diámetro mínimo aceptado será de 100 milímetros. Si no existen dichas facilidades, es necesario construir un tanque con un mínimo de 57 metros cúbicos de agua, instalando una toma directa.

La ubicación de los hidrantes deberá realizarse en el acceso vehicular principal. El hidrante siempre que sea posible deberá separarse una distancia de 12 m con respecto al primer edificio dentro de la propiedad y se pintara en color amarillo según lo indica la norma NFPA 291.

#### 2.1.3.6 Extintores portátiles

Edificios de menos de 2500 m<sup>2</sup>, alternativas:

- a) Un extintor ABC de 4,54 kg a cada 15 m de separación, no se recomienda polvo químico en aquellos lugares donde exista presencia de equipo electrónico o en áreas destinadas a restaurantes y cocinas.
- b) Una batería de extintores compuesta por uno de dióxido de carbono de 4,54 kg y uno de agua a presión de 9,7 lts, ubicados a 23 m de separación.

### 2.1.3.7 Plan de emergencia, simulacros e información a ocupantes del edificio de uso educacional

Se debe contar con un plan de emergencia.

Los ocupantes de los centros educativos deben recibir instrucciones y practicar simulacros que les permita manejar situaciones de incendio, pánico u otras situaciones de emergencia. El primero de los simulacros debe realizarse en los 30 días posteriores a iniciarse cada curso.

En el cuadro 2.2 se hace una comparación entre los lineamientos requeridos por el Manual y el estado actual de la edificación en cuanto a protección activa se refiere.

**Cuadro 2.2** Comparación en cuanto a protección activa

Elemento analizado	Cumple con la normativa		Observaciones
	Sí	No	
Iluminación de emergencia		X	No se cuenta con iluminación de emergencia
Señalización de emergencia		X	No se cuenta con señalización de emergencia
Sistema de detección y alarma		X	No se cuenta con sistema de detección ni alarma
Sistema de rociadores automáticos		X	No se cuenta con sistema de rociadores automáticos
Hidrantes	X		Si existe un hidrante cercano en buen estado
Extintores portátiles cada 15 m		X	Solamente se cuenta con cuatro extintores portátiles
Plan de emergencia		X	No se cuenta con un plan de emergencias

Fuente: El autor

## 2.1 Método simplificado MESERI

### 2.1.1 Generalidades del método

Este método es muy práctico, sencillo, rápido y ágil. Por su naturaleza este método nos da un valor el riesgo en minutos de estar in situ y calificar ciertos parámetros. Estos parámetros o factores sería la información acerca de la condición del lugar. Incluye diferentes aspectos como instalaciones de protección, aislantes, puntos o bien fuentes de ignición, entre otros.

El hecho por el cual se cataloga este como un método simple es porque la cantidad de factores determinados es limitada y predeterminada y solo los más representativos son tomados en cuenta y no aquellos de menor relevancia para el análisis y respectivo cálculo del riesgo de incendio.

Este método incluye dos bloques muy bien definidos que son los factores propios de las instalaciones y los factores de protección que se emplearon en la infraestructura. Cada uno de estos factores se divide para tomar en cuenta los aspectos más importantes a considerar. Los factores propios de las instalaciones incluye; construcción, situación, procesos, concentración, propagabilidad y destructibilidad.

Los llamados factores de protección incluye: los existentes, bocas de incendio equipadas, bocas de hidrantes exteriores, detectores automáticos de incendio, rociadores automáticos e instalaciones fijas especiales.

Cada uno de estos aspectos se subdivide en otros más explícitos e importantes para considerar y se le aplica un coeficiente desde cero hasta diez, dependiendo si propician el riesgo de fuego o no.

El método MESERI considera por aparte los posibles factores que influyen directamente en el riesgo de incendio, ya sean por su lado, generadores, reductores o agravantes del mismo, y los estudia de manera individual. Luego de una inspección visual sistemática se procede a valorar cada uno de estos factores asignándole una puntuación preestablecida a cada uno y se evalúan en la siguiente fórmula:

$$R = \frac{5}{129}X + \frac{5}{30}Y \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Donde:



X: es la puntuación global de los factores generadores o agravantes

Y: es la puntuación global de los factores reductores y protectores

R: es el resultado del riesgo de incendio

En esta fórmula se puede observar que la ponderación máxima en el valor final es de 5 puntos para cada serie, ya sea de factores agravantes o reductores. Es decir el intervalo de evaluación será entre cero y diez puntos, siendo diez puntos la mejor valoración del riesgo de incendio y cero la peor.

Si la edificación analizada recibe una puntuación final inferior a 5 debería de analizarse a fondo y determinar factores con puntuaciones bajas para así tomar medidas viables que reduzcan el riesgo. Tampoco quiere decir que una puntuación obtenida mayor a 5 el riesgo es poco y existe total control sobre el mismo.

Como el método MESERI ofrece una estimación global del riesgo de incendio, se considera simple y rápido, pues solo analiza los elementos más representativos del escenario de incendio, entre los cuáles se pueden destacar los siguientes:

- a. Elementos que sirven como fuentes del incendio: presencia de fuentes de ignición.
- b. Elementos que favorecen o desfavorecen la intensidad o extensión del incendio, por ejemplo, la resistencia al fuego y la carga térmica.
- c. Elementos que incrementan o disminuyen las pérdidas económicas debidas al incendio, por ejemplo, la destrucción de materias primas.
- d. Elementos establecidos que ayudan a la detección, control y extinción del incendio, por ejemplo, los extintores portátiles.

#### 2.1.1.2 Factores evaluados en el método

Los siguientes son todos los factores que se analizan en el método MESERI y su respectivo rango de puntuaciones.

### 2.1.1.2.1 Factores generadores y agravantes

#### 1) Factores de construcción

##### a) Número de plantas o altura del edificio

El edificio entre mayor altura tenga más se facilita la propagación y por ende aumenta la dificultad para controlar y extinguir el mismo. La altura de un edificio se define desde la cota inferior construida hasta la parte superior de la cubierta de techo. En caso de tener varias plantas y obtener diferentes puntuaciones en cada una de ellas, se debe tomar siempre el menor valor. En nuestro caso no aplica pues sólo se cuenta con una planta.

**Cuadro 2.3** Número de plantas o altura del edificio

<b>Número de plantas</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Puntuación</b>
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

Fuente: ITSEMAP, Fuego

##### b) Superficie del mayor sector de incendio

Los elementos de compartimentación de la edificación en sectores de incendio deberán tener una resistencia al fuego de RF-240 o mejor, las puertas de paso entre sectores deben de tener RF-120 o mejor, así como a los sellados de las canalizaciones, tuberías, bandejas de cables, u otros, que atraviesan los elementos compartimentadores. Si la resistencia al fuego es menor a este valor se considerará que no existe sectorización. Como es de esperarse a mayor superficie de los sectores de incendio, habrá más facilidad de propagación del fuego.

El cuadro de puntuación se presenta en el Cuadro 2.2.

**Cuadro 2.4** Superficie del mayor sector de incendio

<b>Superficie del mayor sector de incendio (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Puntuación</b>
Inferior a 500	5
De 501 a 1500	4
De 1501 a 2500	3
De 2501 a 3500	2
De 3501 a 4500	1
Mayor a 4500	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## c) Resistencia al fuego de los elementos constructivos

Los elementos constructivos se refieren a los elementos estructurales del edificio, que le dan estabilidad y soporte; y lo que se espera medir es la estabilidad mecánica de éstos ante los efectos del fuego.

El método por definición considera alta la resistencia de elementos de concreto, obra y similares, mientras que considera baja la resistencia de elementos metálicos sin protección. En caso de contar con algún tipo de protección (pinturas intumescentes, recubrimientos aislantes, pantallas, entre otros) sólo deberán tenerse en cuenta si protegen íntegramente a la estructura. El Cuadro de puntuación se define en el Cuadro 2.5.

**Cuadro 2.5** Resistencia al fuego de los elementos constructivos

<b>Resistencia al Fuego</b>	<b>Puntuación</b>
Alta	10
Media	5
Baja	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## d) Falsos techos

Los falsos techos 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.

En el método se define como “falso techo incombustible” aquel techo construido en cemento, piedra, yeso, escayola y metales en general, es decir, los que poseen la calificación M0 de acuerdo con los ensayos normalizados (Cuadro A11.2 Anexo II); y se define “falso techo combustible” aquel realizado en madera no tratada, PVC, poliamidas, copolímeros ABS y, en general, aquellos que posean una calificación M4 o más baja.

**Cuadro 2.6** Falsos techos

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

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## 2) Factores de situación

### a) Distancia de los bomberos

Aquí se valora y evalúa la distancia y el tiempo de desplazamiento requerido de los bomberos para llegar al edificio. Sólo se deberá de tomar en cuenta las estaciones de bomberos con vehículos y personal suficientes siempre disponibles. En caso de diferir puntuaciones de varias estaciones debido a tiempo y por ende longitud, se debe tomar siempre la menor puntuación resultante.

**Cuadro 2.7** Distancia de los bomberos

<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo de llegada (min)</b>	<b>Puntuación</b>
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

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## b) Accesibilidad a los edificios

La accesibilidad a un edificio se establece desde el punto de vista del ataque al incendio y auxilio para la evacuación de las personas. Para tener vías de aproximación a los edificios se debe contar primordialmente con anchura libre mínima de 5 m, altura libre de 4 m y la capacidad portante del vial superior a 2.000 kg/cm<sup>2</sup>.

El entorno de los edificios debe estar libre de obstáculos naturales o artificiales, con anchura mínima libre de 6 m altura libre, la del edificio; permitir una distancia máxima al edificio de 10 m y de 30 m hasta cualquier acceso principal.

**Cuadro 2.8** Accesibilidad a los edificios

<b>Accesibilidad al edificio</b>	<b>Puntuación</b>
Buena	5
Media	3
Mala	1
Muy mala	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## 3) Factores de proceso/operación

## a) Peligro de activación

Aquí se considera este aspecto para evaluar la existencia o presencia de fuentes de ignición que pueden emplearse dentro del proceso productivo (en el caso de una industria) y que puedan originar fuego. Por ejemplo procesos en los que se empleen altas temperaturas (hornos, reactores, entre otros).

**Cuadro 2.9** Peligro de activación

<b>Peligro de activación</b>	<b>Puntuación</b>
Bajo	10
Medio	5
Alto	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## b) Carga térmica

El cálculo de la carga térmica permite cuantificar la cantidad de calor por unidad de superficie que produciría la combustión total de materiales existentes en una zona o local. Se debe considerar los elementos mobiliarios y los inmobiliarios (estructuras, elementos separadores, entre otros).

Se podría calcular aplicando fórmulas en función de la masa combustible, su calor de combustión y la superficie del local, pero se puede aproximar utilizando los Cuadros de clasificación de riesgos para sistemas de rociadores automáticos del Código 13 de la NFPA.

**Cuadro 2.10** Carga térmica

<b>Carga térmica (MJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Puntuación</b>
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

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## c) Inflamabilidad de los combustibles

Se debe de cuantificar cuán peligrosos son los combustibles que se encuentran presentes respecto a una potencial fuente de ignición. Para valorar este principio de peligrosidad se utilizan los denominados **límites de inflamabilidad (entre más "amplios y bajos" sean, peor)**, el punto de inflamación y la temperatura de auto ignición (cuánto menores sean, peor).

Los líquidos y gases combustibles a temperatura ambiente se catalogan de inflamabilidad "alta" y los sólidos no combustibles (no disgregados) como los materiales pétreos, metales se consideran de inflamabilidad "baja".

**Cuadro 2.11** Inflamabilidad de los combustibles

<b>Inflamabilidad</b>	<b>Puntuación</b>
Baja	5
Media	3
Alta	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## d) Orden, limpieza y mantenimiento

Este factor se utiliza para valorar el orden y limpieza de las instalaciones productivas, así como la existencia de personal y planes de mantenimiento periódico de instalaciones de servicios básicos y de protección contra incendios.

**Cuadro 2.12** Orden, limpieza y mantenimiento

<b>Orden, limpieza y mantenimiento</b>	<b>Puntuación</b>
Alto	10
Medio	5
Bajo	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## e) Almacenamiento en altura

Si hay almacenamientos en alturas superiores a 2 m aumenta el riesgo de incendio debido a que aumenta la carga térmica, existe mayor facilidad de propagación, y hay mayor dificultad para atacar al fuego.

**Cuadro 2.13** Almacenamiento en altura

<b>Almacenamiento en altura</b>	<b>Puntuación</b>
Menor de 2 m	3
Entre 2 y 6 m	2
Superior a 6 m	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## 4) Factores de valor económico de los bienes

## a) Concentración de valores

Se debe cuantificar las pérdidas económicas directas que ocasiona un incendio y las mismas son directamente proporcionales al valor de la edificación y de los medios de producción como la maquinaria; materias primas, productos elaborados y semi-elaborados, instalaciones de servicio. Ello se puede estimar con el Cuadro 2.14:

**Cuadro 2.14** Concentración de valores

<b>Concentración de Valores</b>		<b>Puntuación</b>
<b>(pts/m2)</b>	<b>(Euros/m2)</b>	
Inferior a 100.000	Inferior a 500	3
Entre 100.000 y 300.000	Entre 500 y 1500	2
Superior a 300.000	Superior a 1500	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## b) Factores de destructibilidad

Aquí con respecto al factor anterior se considera la destructibilidad de elementos de producción, materias primas, productos elaborados y semi-elaborados, cualesquiera que sean las manifestaciones dañinas del incendio que se citan a continuación:

## i) Por calor

Se debe determinar qué tanto daño produce el calor dependiendo del tipo de industria, por ejemplo, las industrias del plástico y de electrónica se consideran podrían ver afectadas en un grado "alto", y para industrias como de la madera se ven afectadas por el calor en menor medida.

**Cuadro 2.15** Destructibilidad por calor

<b>Destructibilidad por calor</b>	<b>Puntuación</b>
Baja	10
Media	5
Alta	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## ii) Por humo

Las industrias alimentarias posiblemente se ven muy afectadas, al contrario que industrias del metal.



**Cuadro 2.16** Destructibilidad por humo

<b>Destructibilidad por humo</b>	<b>Puntuación</b>
Baja	10
Media	5
Alta	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## iii) Por corrosión

La destrucción por efecto de la corrosión es común cuando se trabaja con ciertos gases que son liberados en reacciones de combustión, por ejemplo el HCl y el H<sub>2</sub>S. En este caso los componentes electrónicos se ven perjudicados.

**Cuadro 2.17** Destructibilidad por corrosión

<b>Destructibilidad por corrosión</b>	<b>Puntuación</b>
Baja	10
Media	5
Alta	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## iv) Por agua

Se debe considerar daños producidos por el agua de extinción del incendio. Por ejemplo, las industrias textiles tendrían menor daño en comparación con las industrias del papel o cartón.

**Cuadro 2.18** Destructibilidad por agua

<b>Destructibilidad por agua</b>	<b>Puntuación</b>
Baja	10
Media	5
Alta	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## 5) Factores de propagabilidad

En este apartado no se toma en cuenta la velocidad de propagación de las llamas ni la velocidad de combustión de los materiales, los cuales se consideran en otros apartados.

### a) Propagabilidad horizontal

Si existen cadenas de producción de tipo "lineal", se facilita propagación de las llamas, por lo que se considera que la propagabilidad es "alta", por el contrario, en disposiciones de tipo celular, con espacios vacíos carentes de combustibles o calles de circulación amplias, se considera la propagabilidad como "baja".

**Cuadro 2.19** Propagabilidad horizontal

<b>Propagabilidad horizontal</b>	<b>Puntuación</b>
Baja	5
Media	3
Alta	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

### b) Propagabilidad vertical

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.

**Cuadro 2.20** Propagabilidad vertical

<b>Propagabilidad vertical</b>	<b>Puntuación</b>
Baja	5
Media	3
Alta	0

Fuente: ITSEMAP, Fuego

#### 2.1.1.2.2 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 organizativas-humanas (brigadas de incendio, planes de emergencia) se debe comprobar la existencia de registros, manuales, procedimientos, etc., que avalen la formación recibida por el personal, como simulacros efectuados, entre otros.

También la puntuación por la existencia de los distintos conceptos aumenta en caso de haber personas presentes en los edificios o instalaciones inspeccionadas, lo que supone que existe actividad permanente (incluye fines de semana y feriados) o personal de vigilancia suficiente.

##### 1) Instalaciones de protección contra incendios

###### a) 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 de todas las zonas por vigilantes cualificados, ya sea por presencia física, o mediante sistemas electrónicos de vigilancia, fuera de las horas de actividad (entendiéndose que en estos períodos hay personas presentes). En todo caso, se supone también 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.

**Cuadro 2.21** Detección automática

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

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## b) Rociadores automáticos

Se tendrá en cuenta si existen instalaciones de rociadores automáticos en toda la superficie de los edificios. Como en el caso anterior, se valora positivamente la existencia de un enlace con una CRA.

**Cuadro 2.22** Rociadores automáticos

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

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## c) Extintores portátiles

Se tendrá en cuenta si existen extintores portátiles que cubran toda la superficie de los edificios. Se determinará si los agentes extintores son adecuados a las clases de fuego previsible en las áreas protegidas y si se encuentran señalizados. También se recomienda comprobar que existen aparatos de repuesto (aproximadamente, 1 por cada 20 aparatos instalados).

**Cuadro 2.23** Extintores portátiles

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

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## d) Bocas de incendio equipadas (BIE)

Se tendrá en cuenta si existen bocas de incendio equipadas que cubran toda la superficie de los edificios. Se considera que una instalación de BIE (de 25 ó 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 que éstas posean todos sus elementos (válvula, manguera y lanza).

**Cuadro 2.24** Bocas de incendio equipadas

<b>Concepto</b>	<b>Puntuación</b>	
	<b>Sin vigilancia humana</b>	<b>Con vigilancia humana</b>
Bocas de incendio equipadas	2	4

Fuente: ITSEMAP, Fuego

## e) Hidrantes exteriores

Se tendrán 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 las BIE, se considera que una instalación de hidrantes exteriores protege un edificio sólo 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 deberán ubicar en casetas o armarios dispuestos a tal fin (básicamente consiste en llave de maniobra, racores y bifurcaciones de conexión, mangueras y lanzas) y deberán estar situados fuera del edificio protegido por los hidrantes correspondientes.

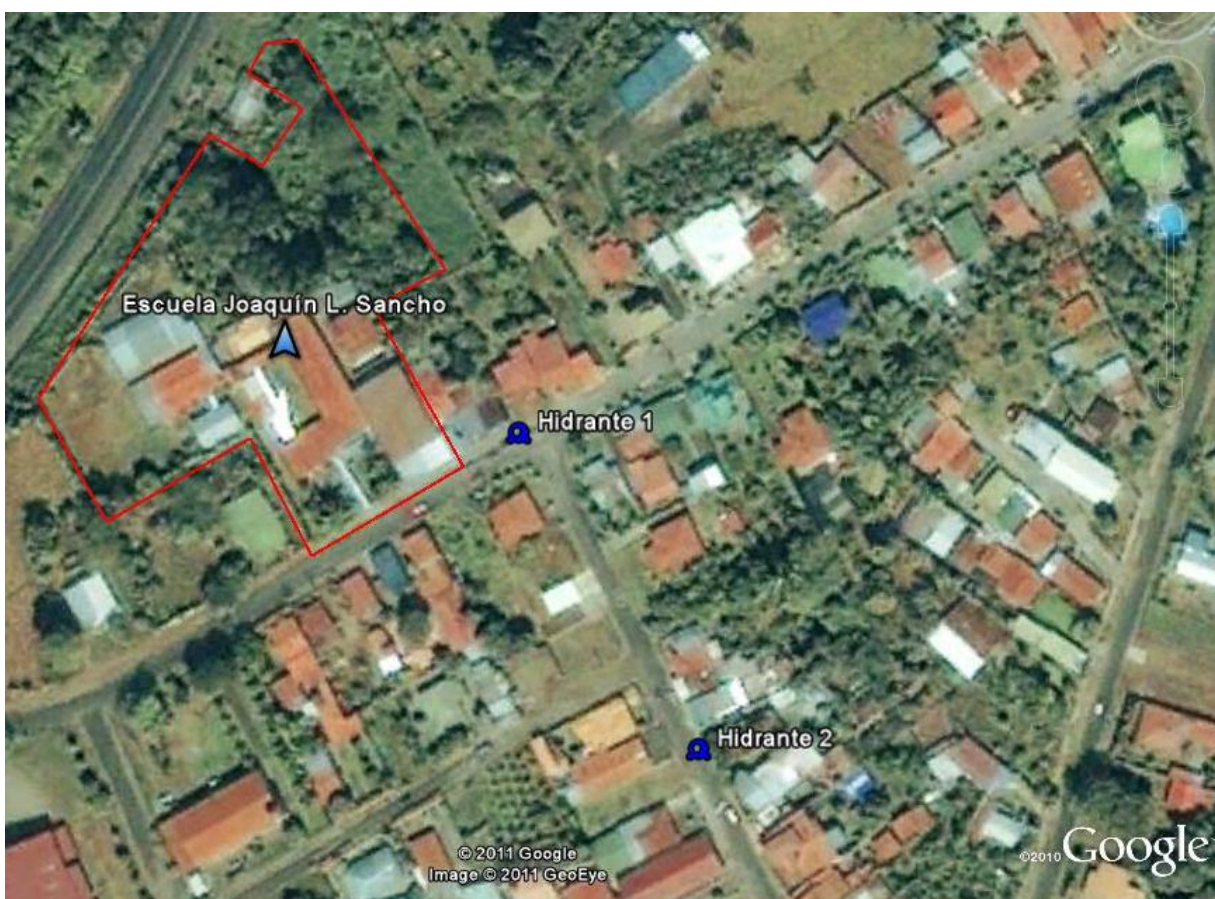
**Cuadro 2.25** Hidrantes exteriores

<b>Concepto</b>	<b>Puntuación</b>	
	<b>Sin vigilancia humana</b>	<b>Con vigilancia humana</b>
Hidrantes exteriores	2	4

Fuente: ITSEMAP, Fuego

En las cercanías de la institución se tienen dos hidrantes, el hidrante 1 se encuentra a 20m Este de la entrada principal pero está en mal estado y el hidrante 2 que se encuentra a 25m Este y 40m Sur, el cual si está en funcionamiento y tiene la capacidad tanto de presión como

de caudal para mitigar un incendio en la escuela, esto según lo confirmaron los bomberos públicos de Palmares. La ubicación de dichos hidrantes se observa en la siguiente figura:



**Figura 2.2.** Ubicación de los hidrantes exteriores cercanos

## 2) Organización de la protección contra incendios

### a) Equipos de intervención de incendios

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

- i) El personal que integre estos equipos deberá recibir capacitación teórico-práctica periódicamente y estar nominalmente designado como integrante de dicho grupo.
- ii) Deberán existir en todos los turnos y secciones/departamentos de la empresa.
- iii) Deberá existir material de extinción de incendios y estar adecuadamente diseñado y con buen mantenimiento.

**Cuadro 2.26** Equipos de intervención de incendios

<b>Concepto</b>	<b>Puntuación</b>
Equipos de primera intervención (EPI)	2
Equipos de segunda intervención (ESI)	4

Fuente: ITSEMAP, Fuego

b) Planes de autoprotección y de emergencia interior

Se valorará si existe y está implantado el plan de emergencia.

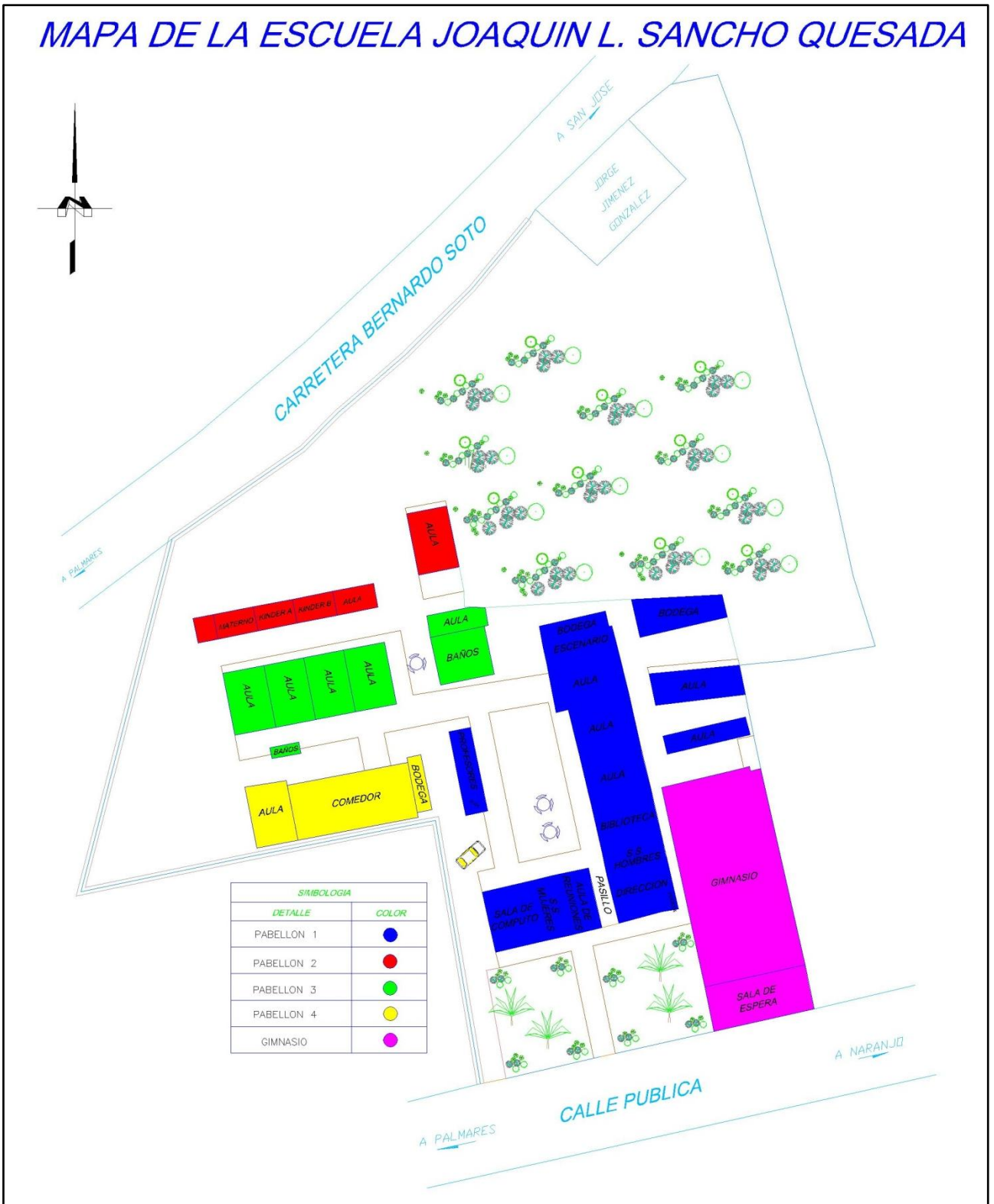
**Cuadro 2.27** Planes de autoprotección y de emergencia interior

<b>Concepto</b>	<b>Puntuación</b>	
	<b>Sin vigilancia humana</b>	<b>Con vigilancia humana</b>
Planes de emergencia	2	4

Fuente: ITSEMAP, Fuego

### 2.1.2 Ejecución del método en el campo

Para la evaluación de este método y el método de Gretener se dividió la totalidad de las edificaciones de la escuela en varios pabellones, los cuales aunque tienen un uso similar se analizaron por separado debido a su separación entre sí. Esta distribución se presenta a continuación:



**Figura 2.3.** Distribución de la Escuela Joaquín L. Sancho



**Cuadro 2.28** Área de edificaciones de la escuela

<b>Edificación</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Pabellón 1	868,7
Pabellón 2	323,4
Pabellón 3	232,9
Pabellón 4	205,8
Gimnasio	588,8

Fuente: El autor

Para una correcta evaluación del riesgo de incendio, es necesaria la determinación de la carga térmica de cada pabellón. En el anexo I se encuentran cuadros que definen la carga térmica en función del uso que se le da a cada aposento. Para este caso se calculó la carga térmica para las edificaciones descritas en el Cuadro 2.28 cuyos resultados se encuentran a continuación:

**Cuadro 2.29** Determinación de la carga térmica del pabellón 1

	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Térmica (Mcal/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (Mcal)</b>
<b>Pabellón 1</b>	<b>868,7</b>		<b>105465</b>
Dirección	35,2	180	6336
S/S Hombres	22,2	30	666
Bodega	35,1	200	7020
Biblioteca	73,2	400	29280
Cocineta	13,7	200	2740
Aulas	216,1	60	12966
Salón de actos	30,6	80	2448
Bodega	25,3	200	5060
Aula	51,5	60	3090
S/S Mujeres	29,5	30	885
Aula de cómputo	65,4	100	6540
Sala de Maestros	31,4	60	1884
Bodega	10,3	200	2060
Soda	14,2	200	2840
Bodega	62,5	200	12500
Aulas	152,5	60	9150

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.30** Determinación de la carga térmica del pabellón 2

	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Térmica (Mcal/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (Mcal)</b>
<b>Pabellón 2</b>	<b>323,4</b>		<b>19404</b>
Aulas	323,4	60	19404

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.31** Determinación de la carga térmica del pabellón 3

	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Térmica (Mcal/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (Mcal)</b>
<b>Pabellón 3</b>	<b>232,9</b>		<b>13758</b>
Aulas	225,7	60	13542
S/S	7,2	30	216

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.32** Determinación de la carga térmica del pabellón 4

	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Térmica (Mcal/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (Mcal)</b>
<b>Pabellón 4</b>	<b>205,8</b>		<b>19824</b>
Aula	55,8	60	3348
Alacena	12,2	200	2440
Comedor	112,7	80	9016
Cocina	25,1	200	5020

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.33** Determinación de la carga térmica del gimnasio

	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Térmica (Mcal/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (Mcal)</b>
<b>Gimnasio</b>	<b>588,8</b>		<b>29440</b>
Gimnasio	588,8	50	29440

Fuente: El Autor

Como en el Cuadro 2.10 los rangos dados están en MJ/m<sup>2</sup>, es necesario realizar una pequeña conversión, la cual consiste en pasar de Mcal a MJ, para lo cual se multiplican las Mcal por un factor de 4,2. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro resumen.

**Cuadro 2.34** Resumen de Cargas térmicas en MJ/m<sup>2</sup>

<b>Carga Térmica (MJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (Mcal)</b>	<b>Carga (MJ/m<sup>2</sup>)</b>
Pabellón 1	868,7	105465	509,9
Pabellón 2	323,4	19404	252,0
Pabellón 3	232,9	13758	248,1
Pabellón 4	205,8	19824	404,6
Gimnasio	588,8	29440	210,0

Fuente: El Autor

Luego de obtener la carga térmica para cada uno de las edificaciones, se procede a evaluar el riesgo de incendio, para los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

## 2.1.2.1 Pabellón 1

Factores generadores y agravantes (X)

**Cuadro 2.35** Factores de construcción del pabellón 1

			<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de construcción</b>	<b>Número de plantas</b>	<b>Altura (m)</b>		<b>3</b>
	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	
	<b>Superficie del mayor sector de incendio (m2)</b>			<b>4</b>
	Inferior a 500		5	
	De 501 a 1500		4	
	De 1501 a 2500		3	
	De 2501 a 3500		2	
	De 3501 a 4500		1	
	Mayor a 4500		0	
	<b>Resistencia al Fuego</b>			<b>10</b>
	Alta		10	
	Media		5	
	Baja		0	
<b>Falsos techos/suelos</b>			<b>0</b>	
No existen		5		
Incombustibles (MO)		3		
Combustibles (M4 o peor)		0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.36** Factores de situación del pabellón 1

		Coeficiente	Puntuación	
<b>Factores de Situación</b>	<b>Distancia de los bomberos (km)</b>	<b>Tiempo de llegada (min)</b>		
	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	
	<b>Accesibilidad al edificio</b>			
	Buena		5	
	Media		3	
	Mala		1	
Muy mala		0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.37** Factores de proceso/operación del pabellón 1

		Coeficiente	Puntuación	
<b>Factores de proceso/operación</b>	<b>Peligro de activación</b>			
	Bajo	10	<b>5</b>	
	Medio	5		
	Alto	0		
	<b>Carga térmica (MJ/m<sup>2</sup>)</b>			
	Baja (inferior a 1.000)	10	<b>10</b>	
	Moderada (entre 1.000 y 2.000)	5		
	Alta (entre 2.000 y 5.000)	2		
	Muy alta (Superior a 5.000)	0		
	<b>Inflamabilidad</b>			
	Baja	5	<b>5</b>	
	Media	3		
	Alta	0		
	<b>Orden, limpieza y mantenimiento</b>			
	Alto	10	<b>10</b>	
	Medio	5		
	Bajo	0		
	<b>Almacenamiento en altura</b>			
	Menor de 2 m	3	<b>3</b>	
	Entre 2 y 6 m	2		
Superior a 6 m	0			
<b>Concentración de Valores</b>				
<b>(pts/m<sup>2</sup>)</b>	<b>(Euros/m<sup>2</sup>)</b>			
Inferior a 100.000	Inferior a 500	3	<b>2</b>	
Entre 100.000 y 300.000	Entre 500 y 1500	2		
Superior a 300.000	Superior a 1500	0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.38** Factores de destructibilidad del pabellón 1

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de destructibilidad</b>	<b>Destructibilidad por calor</b>		
	Baja	10	<b>5</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por humo</b>		
	Baja	10	<b>10</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por corrosión</b>		
	Baja	10	<b>10</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por agua</b>		
Baja	10	<b>5</b>	
Media	5		
Alta	0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.39** Factores de propagabilidad del pabellón 1

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de propagabilidad</b>	<b>Propagabilidad horizontal</b>		
	Baja	5	<b>3</b>
	Media	3	
	Alta	0	
	<b>Propagabilidad vertical</b>		
	Baja	5	<b>5</b>
	Media	3	
Alta	0		

Fuente: El Autor

Factores protectores y reductores (Y)

**Cuadro 2.40** Factores de protección del pabellón 1

	<b>Instalaciones y equipos de protección contra incendios</b>	<b>Central receptora de alarmas (CRA)</b>	<b>Coficiente</b>		<b>Puntuación</b>	
			<b>Vigilancia Humana</b>			
			Sin	Con		
<b>Factores de protección</b>	Detección automática	Sin	0	3	<b>0</b>	
		Con	2	4		
	Rociadores automáticos	Sin	5	7	<b>0</b>	
		Con	6	8		
		Extintores portátiles		1	2	<b>2</b>
		Bocas de incendio equipadas		2	4	<b>0</b>
		Hidrantas exteriores		2	4	<b>2</b>
		<b>Organización</b>				
		Equipos de primera intervención (EPI)		2		<b>0</b>
		Equipos de segunda intervención (ESI)		4		<b>0</b>
		Plan de autoprotección y emergencia		2	4	<b>0</b>

Fuente: El Autor

## 2.1.2.2 Pabellón 2

Factores generadores y agravantes (X)

**Cuadro 2.41** Factores de construcción del pabellón 2

		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntuación</b>	
<b>Factores de construcción</b>	<b>Número de plantas</b>	<b>Altura (m)</b>		
	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	
	<b>Superficie del mayor sector de incendio (m2)</b>			
	Inferior a 500		5	<b>5</b>
	De 501 a 1500		4	
	De 1501 a 2500		3	
	De 2501 a 3500		2	
	De 3501 a 4500		1	
	Mayor a 4500		0	
	<b>Resistencia al Fuego</b>			
	Alta		10	<b>10</b>
	Media		5	
Baja		0		
<b>Falsos techos/suelos</b>				
No existen		5	<b>3</b>	
Incombustibles (MO)		3		
Combustibles (M4 o peor)		0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.42** Factores de situación del pabellón 2

		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntuación</b>	
<b>Factores de Situación</b>	<b>Distancia de los bomberos (km)</b>	<b>Tiempo de llegada (min)</b>		
	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	
	<b>Accesibilidad al edificio</b>			
	Buena		5	<b>3</b>
	Media		3	
	Mala		1	
Muy mala		0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.43** Factores de proceso/operación del pabellón 2

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de proceso/operación</b>	<b>Peligro de activación</b>		
	Bajo	10	<b>5</b>
	Medio	5	
	Alto	0	
	<b>Carga térmica (MJ/m2)</b>		
	Baja (inferior a 1.000)	10	<b>10</b>
	Moderada (entre 1.000 y 2.000)	5	
	Alta (entre 2.000 y 5.000)	2	
	Muy alta (Superior a 5.000)	0	
	<b>Inflamabilidad</b>		
	Baja	5	<b>5</b>
	Media	3	
	Alta	0	
	<b>Orden, limpieza y mantenimiento</b>		
	Alto	10	<b>10</b>
	Medio	5	
	Bajo	0	
	<b>Almacenamiento en altura</b>		
	Menor de 2 m	3	<b>3</b>
	Entre 2 y 6 m	2	
	Superior a 6 m	0	
	<b>Concentración de Valores</b>		
	<b>(pts/m2)</b>	<b>(Euros/m2)</b>	
	Inferior a 100.000	Inferior a 500	3
Entre 100.000 y 300.000	Entre 500 y 1500	2	
Superior a 300.000	Superior a 1500	0	

Fuente: El Autor



**Cuadro 2.44** Factores de destructibilidad del pabellón 2

		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de destructibilidad</b>	<b>Destructibilidad por calor</b>		
	Baja	10	<b>5</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por humo</b>		
	Baja	10	<b>10</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por corrosión</b>		
	Baja	10	<b>10</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por agua</b>		
Baja	10	<b>5</b>	
Media	5		
Alta	0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.45** Factores de propagabilidad del pabellón 2

		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de propagabilidad</b>	<b>Propagabilidad horizontal</b>		
	Baja	5	<b>3</b>
	Media	3	
	Alta	0	
	<b>Propagabilidad vertical</b>		
	Baja	5	<b>5</b>
	Media	3	
Alta	0		

Fuente: El Autor

Factores protectores y reductores (Y)

**Cuadro 2.46** Factores de protección del pabellón 2

	<b>Instalaciones y equipos de protección contra incendios</b>	<b>Central receptora de alarmas (CRA)</b>	<b>Coefficiente</b>		<b>Puntuación</b>
			<b>Vigilancia Humana</b>		
			Sin	Con	
<b>Factores de protección</b>	Detección automática	Sin	0	3	<b>0</b>
		Con	2	4	
	Rociadores automáticos	Sin	5	7	<b>0</b>
		Con	6	8	
	Extintores portátiles		1	2	<b>0</b>
	Bocas de incendio equipadas		2	4	<b>0</b>
	Hidrantes exteriores		2	4	<b>2</b>
	<b>Organización</b>				
	Equipos de primera intervención (EPI)		2		<b>0</b>
	Equipos de segunda intervención (ESI)		4		<b>0</b>
	Plan de autoprotección y emergencia		2	4	<b>0</b>

Fuente: El Autor

## 2.1.2.3 Pabellón 3

Factores generadores y agravantes (X)

**Cuadro 2.47** Factores de construcción del pabellón 3

			<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>	
<b>Factores de construcción</b>	<b>Número de plantas</b>	<b>Altura (m)</b>			
	1 o 2	Inferior a 6	3	<b>3</b>	
	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		
	<b>Superficie del mayor sector de incendio (m2)</b>				
	Inferior a 500			5	<b>5</b>
	De 501 a 1500			4	
	De 1501 a 2500			3	
	De 2501 a 3500			2	
	De 3501 a 4500			1	
	Mayor a 4500			0	
	<b>Resistencia al Fuego</b>				
	Alta			10	<b>10</b>
	Media			5	
	Baja			0	
	<b>Falsos techos/suelos</b>				
	No existen			5	<b>0</b>
	Incombustibles (MO)			3	
	Combustibles (M4 o peor)			0	

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.48** Factores de situación del pabellón 3

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>	
<b>Factores de Situación</b>	<b>Distancia de los bomberos (km)</b>	<b>Tiempo de llegada (min)</b>		
	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	
	<b>Accesibilidad al edificio</b>			
	Buena		5	
	Media		3	
	Mala		1	
Muy mala		0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.49** Factores de proceso/operación del pabellón 3

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>	
<b>Factores de proceso/operación</b>	<b>Peligro de activación</b>			
	Bajo	10	<b>5</b>	
	Medio	5		
	Alto	0		
	<b>Carga térmica (MJ/m<sup>2</sup>)</b>			
	Baja (inferior a 1.000)	10	<b>10</b>	
	Moderada (entre 1.000 y 2.000)	5		
	Alta (entre 2.000 y 5.000)	2		
	Muy alta (Superior a 5.000)	0		
	<b>Inflamabilidad</b>			
	Baja	5	<b>5</b>	
	Media	3		
	Alta	0		
	<b>Orden, limpieza y mantenimiento</b>			
	Alto	10	<b>10</b>	
	Medio	5		
	Bajo	0		
	<b>Almacenamiento en altura</b>			
	Menor de 2 m	3	<b>3</b>	
	Entre 2 y 6 m	2		
Superior a 6 m	0			
<b>Concentración de Valores</b>				
<b>(pts/m<sup>2</sup>)</b>	<b>(Euros/m<sup>2</sup>)</b>			
Inferior a 100.000	Inferior a 500	3	<b>3</b>	
Entre 100.000 y 300.000	Entre 500 y 1500	2		
Superior a 300.000	Superior a 1500	0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.50** Factores de destructibilidad del pabellón 3

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de destructibilidad</b>	<b>Destructibilidad por calor</b>		
	Baja	10	<b>5</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por humo</b>		
	Baja	10	<b>10</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por corrosión</b>		
	Baja	10	<b>10</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por agua</b>		
Baja	10	<b>5</b>	
Media	5		
Alta	0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.51** Factores de propagabilidad del pabellón 3

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de propagabilidad</b>	<b>Propagabilidad horizontal</b>		
	Baja	5	<b>3</b>
	Media	3	
	Alta	0	
	<b>Propagabilidad vertical</b>		
	Baja	5	<b>5</b>
	Media	3	
Alta	0		

Fuente: El Autor

Factores protectores y reductores (Y)

**Cuadro 2.52** Factores de protección del pabellón 3

	<b>Instalaciones y equipos de protección contra incendios</b>	<b>Central receptora de alarmas (CRA)</b>	<b>Coficiente</b>		<b>Puntuación</b>
			<b>Vigilancia Humana</b>		
			Sin	Con	
<b>Factores de protección</b>	Detección automática	Sin	0	3	<b>0</b>
		Con	2	4	
	Rociadores automáticos	Sin	5	7	<b>0</b>
		Con	6	8	
	Extintores portátiles		1	2	<b>0</b>
	Bocas de incendio equipadas		2	4	<b>0</b>
	Hidrantes exteriores		2	4	<b>2</b>
	<b>Organización</b>				
	Equipos de primera intervención (EPI)		2		<b>0</b>
	Equipos de segunda intervención (ESI)		4		<b>0</b>
	Plan de autoprotección y emergencia		2	4	<b>0</b>

Fuente: El Autor

## 2.1.2.4 Pabellón 4

Factores generadores y agravantes (X)

**Cuadro 2.53** Factores de construcción del pabellón 4

		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntuación</b>	
<b>Factores de construcción</b>	<b>Número de plantas</b>	<b>Altura (m)</b>		
	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	
	<b>Superficie del mayor sector de incendio (m2)</b>			
	Inferior a 500		5	<b>5</b>
	De 501 a 1500		4	
	De 1501 a 2500		3	
	De 2501 a 3500		2	
	De 3501 a 4500		1	
	Mayor a 4500		0	
	<b>Resistencia al Fuego</b>			
	Alta		10	<b>10</b>
	Media		5	
	Baja		0	
	<b>Falsos techos/suelos</b>			
	No existen		5	<b>0</b>
	Incombustibles (MO)		3	
Combustibles (M4 o peor)		0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.54** Factores de situación del pabellón 4

		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntuación</b>	
<b>Factores de Situación</b>	<b>Distancia de los bomberos (km)</b>	<b>Tiempo de llegada (min)</b>		
	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	
	<b>Accesibilidad al edificio</b>			
	Buena		5	<b>3</b>
	Media		3	
	Mala		1	
	Muy mala		0	

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.55** Factores de proceso/operación del pabellón 4

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de proceso/operación</b>	<b>Peligro de activación</b>		
	Bajo	10	<b>5</b>
	Medio	5	
	Alto	0	
	<b>Carga térmica (MJ/m2)</b>		
	Baja (inferior a 1.000)	10	<b>10</b>
	Moderada (entre 1.000 y 2.000)	5	
	Alta (entre 2.000 y 5.000)	2	
	Muy alta (Superior a 5.000)	0	
	<b>Inflamabilidad</b>		
	Baja	5	<b>5</b>
	Media	3	
	Alta	0	
	<b>Orden, limpieza y mantenimiento</b>		
	Alto	10	<b>10</b>
	Medio	5	
	Bajo	0	
	<b>Almacenamiento en altura</b>		
	Menor de 2 m	3	<b>3</b>
	Entre 2 y 6 m	2	
	Superior a 6 m	0	
<b>Concentración de Valores</b>			
<b>(pts/m2)</b>	<b>(Euros/m2)</b>		
Inferior a 100.000	Inferior a 500	3	<b>3</b>
Entre 100.000 y 300.000	Entre 500 y 1500	2	
Superior a 300.000	Superior a 1500	0	

Fuente: El Autor



**Cuadro 2.56** Factores de destructibilidad del pabellón 4

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de destructibilidad</b>	<b>Destructibilidad por calor</b>		
	Baja	10	<b>5</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por humo</b>		
	Baja	10	<b>10</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por corrosión</b>		
	Baja	10	<b>10</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por agua</b>		
Baja	10	<b>5</b>	
Media	5		
Alta	0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.57** Factores de propagabilidad del pabellón 4

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de propagabilidad</b>	<b>Propagabilidad horizontal</b>		
	Baja	5	<b>3</b>
	Media	3	
	Alta	0	
	<b>Propagabilidad vertical</b>		
	Baja	5	<b>5</b>
	Media	3	
	Alta	0	

Fuente: El Autor

Factores protectores y reductores (Y)

**Cuadro 2.58** Factores de protección del pabellón 4

	<b>Instalaciones y equipos de protección contra incendios</b>	<b>Central receptora de alarmas (CRA)</b>	<b>Coefficiente</b>		<b>Puntuación</b>
			<b>Vigilancia Humana</b>		
			Sin	Con	
<b>Factores de protección</b>	Detección automática	Sin	0	3	<b>0</b>
		Con	2	4	
	Rociadores automáticos	Sin	5	7	<b>0</b>
		Con	6	8	
	Extintores portátiles		1	2	<b>2</b>
	Bocas de incendio equipadas		2	4	<b>0</b>
	Hidrantes exteriores		2	4	<b>2</b>
	<b>Organización</b>				
	Equipos de primera intervención (EPI)		2		<b>0</b>
	Equipos de segunda intervención (ESI)		4		<b>0</b>
	Plan de autoprotección y emergencia		2	4	<b>0</b>

Fuente: El Autor

## 2.1.2.5 Gimnasio

Factores generadores y agravantes (X)

**Cuadro 2.59** Factores de construcción del gimnasio

		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntuación</b>	
<b>Factores de construcción</b>	<b>Número de plantas</b>		<b>3</b>	
	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
	<b>Superficie del mayor sector de incendio (m2)</b>			<b>4</b>
	Inferior a 500		5	
	De 501 a 1500		4	
	De 1501 a 2500		3	
	De 2501 a 3500		2	
	De 3501 a 4500		1	
	Mayor a 4500		0	
	<b>Resistencia al Fuego</b>			<b>5</b>
	Alta		10	
	Media		5	
	Baja		0	
	<b>Falsos techos/suelos</b>			<b>5</b>
No existen		5		
Incombustibles (MO)		3		
Combustibles (M4 o peor)		0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.60** Factores de situación del gimnasio

		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntuación</b>	
<b>Factores de Situación</b>	<b>Distancia de los bomberos (km)</b>	<b>Tiempo de llegada (min)</b>	<b>10</b>	
	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	
	<b>Accesibilidad al edificio</b>			<b>5</b>
	Buena		5	
	Media		3	
	Mala		1	
Muy mala		0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.61** Factores de proceso/operación del gimnasio

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de proceso/operación</b>	<b>Peligro de activación</b>		
	Bajo	10	<b>10</b>
	Medio	5	
	Alto	0	
	<b>Carga térmica (MJ/m2)</b>		
	Baja (inferior a 1.000)	10	<b>10</b>
	Moderada (entre 1.000 y 2.000)	5	
	Alta (entre 2.000 y 5.000)	2	
	Muy alta (Superior a 5.000)	0	
	<b>Inflamabilidad</b>		
	Baja	5	<b>5</b>
	Media	3	
	Alta	0	
	<b>Orden, limpieza y mantenimiento</b>		
	Alto	10	<b>10</b>
	Medio	5	
	Bajo	0	
	<b>Almacenamiento en altura</b>		
	Menor de 2 m	3	<b>3</b>
	Entre 2 y 6 m	2	
	Superior a 6 m	0	
<b>Concentración de Valores</b>			
<b>(pts/m2)</b>	<b>(Euros/m2)</b>		
Inferior a 100.000	Inferior a 500	3	<b>3</b>
Entre 100.000 y 300.000	Entre 500 y 1500	2	
Superior a 300.000	Superior a 1500	0	

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.62** Factores de destructibilidad del gimnasio

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de destructibilidad</b>	<b>Destructibilidad por calor</b>		
	Baja	10	<b>5</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por humo</b>		
	Baja	10	<b>10</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por corrosión</b>		
	Baja	10	<b>5</b>
	Media	5	
	Alta	0	
	<b>Destructibilidad por agua</b>		
Baja	10	<b>10</b>	
Media	5		
Alta	0		

Fuente: El Autor

**Cuadro 2.63** Factores de propagabilidad del gimnasio

		<b>Coficiente</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Factores de propagabilidad</b>	<b>Propagabilidad horizontal</b>		
	Baja	5	<b>3</b>
	Media	3	
	Alta	0	
	<b>Propagabilidad vertical</b>		
	Baja	5	<b>5</b>
	Media	3	
Alta	0		

Fuente: El Autor

Factores protectores y reductores (Y)

**Cuadro 2.64** Factores de protección del gimnasio

Factores de protección	Instalaciones y equipos de protección contra incendios	Central receptora de alarmas (CRA)	Coeficiente		Puntuación
			Vigilancia Humana		
			Sin	Con	
Detección automática	Sin	0	3	<b>0</b>	
	Con	2	4		
Rociadores automáticos	Sin	5	7	<b>0</b>	
	Con	6	8		
Extintores portátiles		1	2	<b>0</b>	
Bocas de incendio equipadas		2	4	<b>0</b>	
Hidrantes exteriores		2	4	<b>2</b>	
<b>Organización</b>					
Equipos de primera intervención (EPI)		2		<b>0</b>	
Equipos de segunda intervención (ESI)		4		<b>0</b>	
Plan de autoprotección y emergencia		2	4	<b>0</b>	

Fuente: El Autor

### 2.1.3 Resultados obtenidos

Una vez que se tienen los valores de los diferentes factores, y usando la ecuación 2.1, se procede a calcular el riesgo de incendio de cada edificación, el cual se clasifica de la siguiente manera:

**Cuadro 2.65** Calificación del riesgo

Valor del riesgo	Calificación del riesgo
Inferior a 3	Muy malo
3 a 5	Malo
5 a 8	Bueno
Superior a 8	Muy bueno

Fuente: El Autor

Evaluando el riesgo por incendio de cada una de las edificaciones citadas, se obtienen los siguientes resultados:

**Cuadro 2.66** Valor del riesgo de las edificaciones y su calificación

<b>Edificio</b>	<b>Valor del riesgo</b>	<b>Calificación del riesgo</b>
Pabellón 1	4,74	Malo
Pabellón 2	4,52	Malo
Pabellón 3	4,40	Malo
Pabellón 4	4,74	Malo
Gimnasio	4,64	Malo

Fuente: El Autor

## **2.2 Método de Gretener**

### **2.2.1 Generalidades del método**

Este método permite realizar más que todo una valoración global y depende mucho de la capacidad de observación del evaluador.

Por su naturaleza cuantitativa puede generar un informe muy significativo con una descripción de las características y principales recursos del edificio. Entre estas se destacan las distintas protecciones ya sean de las llamadas pasivas o activas, número de usuarios (500 en este caso) más los funcionarios (20 en la actualidad), entre otras.

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

El método parte del cálculo de un riesgo potencial de incendio, que toma en cuenta los potenciales riesgos y los medios de protección presentes en el edificio y su contenido, entre otros aspectos.

Al final de la aplicación se va a contar por medio de este método con una evaluación global muy significativa para poder verificar en la edificación si el riesgo al que está sometida se puede aceptar, de lo contrario sugerir las medidas necesarias para reducirlo.

El cálculo se desarrolla estudiando cada uno de los compartimentos cortafuego y con ello poder evaluar los factores de influencia del peligro y de las medidas de protección existentes en cada una de las edificaciones.

Las diversas variantes sirven para el estudio de distintas soluciones así como al cálculo del peligro de incendio en diferentes compartimentos corta-fuego. Cada columna está dividida en dos partes; en la primera se relacionan los valores de los peligros y las medidas de protección y, en la segunda los factores correspondientes.

Cuando el riesgo efectivo no es mayor que **el riesgo aceptado  $R \leq R_u$  se puede asegurar que** la seguridad contra incendios es suficiente en un recinto cortafuego.

### **2.2.1.1 Cálculo del riesgo**

Este método se basa en una comparación de estos dos riesgos, cuya fórmula se puede expresar como:

$$\gamma = Ru/R \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Si se despeja, y se tiene claro lo descrito anteriormente es claro que si  $\gamma > 1$ , el compartimento cortafuego está suficientemente asegurado y cuánto mayor a 1 sea, más asegurado está.

#### 2.2.1.1.1 Riesgo efectivo R

El Riesgo efectivo es el producto del peligro global (B) y el peligro de activación (A):

$$R = B \times A \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

1) Peligro Global B: Es la relación entre el peligro potencial (P) y las medidas de protección presentes en el compartimento cortafuegos (M):

$$B = P/M \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

2) Peligro potencial P: Es el producto de los peligros inherentes al contenido por los peligros inherentes al continente:

$$P = P_{CO} \times P_{CE} \quad (\text{Ecuación 2.5})$$



3) Peligros inherentes al contenido  $P_{CO}$ : Es el producto de los siguientes factores:

$$P_{CO} = q \times c \times r \times k \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

a) Carga de incendio mobiliaria  $Q_m$ , factor  $q$ .

Es característica de cada compartimento corta-fuego y se define como la cantidad total de calor desprendida en la combustión completa de todas las materias contenidas, dividida por la superficie del suelo del compartimento corta-fuego (AB). Sus unidades están dadas en MJ/m<sup>2</sup> de superficie del compartimento corta-fuego.

Si el uso está bien definido o el tipo de materiales depositados es uniforme, se puede utilizar el Anexo I que da el valor de la carga térmica  $Q_m$  (representación del total de energía calorífica que pudiese liberar un incendio en una superficie donde existen distintos materiales combustibles). Luego si se trata de usos no bien definidos o con mezclas de materias depositadas, como la carga térmica se expresa por unidad de área es necesario sectorizar el edificio, de manera tal que a cada zona se le asigne un valor promedio de carga térmica independiente, e igualmente se calcula el valor de  $Q_m$  del Anexo I y dependiendo del rango se obtiene "q" del Cuadro 2.67.

**Cuadro 2.67** Carga de incendio mobiliaria, factor  $q$ .

<b>Qm (MJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>q</b>	<b>Qm (MJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>q</b>
Hasta 50	0,6	1201-1700	1,6
51-75	0,7	1701-2500	1,7
76-100	0,8	2501-3500	1,8
101-150	0,9	3501-5000	1,9
151-200	1	5001-7000	2
201-300	1,1	7001-10000	2,1
301-400	1,2	10001-14000	2,2
401-600	1,3	14001-20000	2,3
601-800	1,4	20001-28000	2,4
801-1200	1,5	Más de 28000	2,5

Fuente: Soto, 2009

b) Combustibilidad, factor c.

Cuantifica la inflamabilidad y la velocidad de combustión de la materia contenida. Existe una escala (del 1 al 6) que cataloga las materias sólidas, líquidas y gaseosas según su grado de peligro.

Se utilizará la materia que tenga el valor de c mayor siendo como mínimo el 10% del conjunto de la carga de incendio  $Q_m$  contenida en el compartimento analizado.

**Cuadro 2.68** Combustibilidad, factor c.

Combustibilidad	Grado de combustibilidad (según CEA)		c
	Nuevo	Antiguo	
Altamente inflamable	1	I	1,6
Fácilmente inflamable	2	II	1,4
Inflamable o fácilmente combustible	3	III	1,2
Normalmente combustible	4	IV	1
Difícilmente combustible	5	V	1
Incombustible	6	VI	1

Fuente: Soto, 2009

c) Peligro de humo, factor r.

Representa las materias que cuando arden desarrollan humos intensos. Al igual que la combustibilidad, predominará la materia con el valor r mayor, siempre y cuando represente como mínimo el 10% del conjunto de la carga térmica  $Q_m$  contenida en el compartimento analizado. De lo contrario si hay materias con factor r muy alto y su participación es  $Q_m < 10\%$  se debe utilizar r igual a 1,1.

**Cuadro 2.69** Peligro de humo, factor r.

Clasificación	Grado	Peligro de Humo	r
Fu	3	Normal	1
	2	Medio	1,1
	1	Alto	1,2

Fuente: Soto, 2009

d) Peligro de corrosión/toxicidad, factor k.

Representa las materias que producen grandes cantidades de gases al quemarse ya sean corrosivos o tóxicos.

Predominará la materia con el valor k mayor, siempre y cuando represente como mínimo el 10% del conjunto de la carga térmica  $Q_m$  contenida en el compartimento analizado. De lo contrario si hay materias con k muy alto (peligros de corrosión o toxicidad alto) y su participación es  $Q_m < 10\%$  se debe utilizar k igual a 1,1.

**Cuadro 2.70** Peligro de corrosión, factor k.

<b>Clasificación de materia y mercadería</b>	<b>Peligro de corrosión</b>	<b>k</b>
Co	Normal	1
	Medio	1,1
	Alto	1,2

Fuente: Soto, 2009

4) Peligros inherentes al continente  $P_{CE}$ : Es el producto de los siguientes factores:

$$P_{CE} = i x e x g \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

a) Carga de incendio inmobiliaria, factor i.

Depende de la combustibilidad de la estructura portante y de los elementos de cerramiento no portante.

**Cuadro 2.71** Carga de incendio inmobiliaria, factor i.

<b>Estructura Portante</b>	<b>Elementos de cerramiento tejados</b>	<b>Concreto, ladrillo, metal</b>	<b>Cerramientos multicapa con capas exteriores incombustibles</b>	<b>Materiales sintéticos</b>
		<b>Incombustibles</b>	<b>Combustible/Protegido</b>	<b>Combustibles</b>
Concreto, ladrillo, acero, otros metales	Incombustible	1	1,05	1,1
Construcción en madera revestida contra-chapada maciza	Combustible / Protegida	1,1	1,15	1,2
Construcción en madera ligera	Combustible	1,2	1,25	1,3

Fuente: Soto, 2009

b) Nivel de planta/altura útil del local, factor e.

En el caso de inmuebles en varias plantas de altura normal, el número de plantas determina el factor e, mientras que para las plantas de una altura superior a 3 m se toma la altura "e" del piso de la planta analizada. En este caso como la edificación es de un solo nivel, se debe tomar la medida de la altura del piso analizado.

Para este método se debe primero clasificar la edificación dependiendo de la propagabilidad del fuego. Para realizar esta clasificación se debe analizar la capacidad de extensión y difusión del fuego y su dependencia de la velocidad de propagación de la llama. En esta clasificación existen tres subgrupos que se detallan a continuación:

Tipo Z: Se refiere a aquellas construcciones que por su forma evita la propagación vertical y horizontal del fuego, por ejemplo edificaciones tipo celular. En estos casos, el compartimiento comprende una planta, y esta debe estar dividida en sectores resistentes al fuego, y no exceder un área máxima de 200 m<sup>2</sup>. Para poder dificultar la propagación del fuego se deben tomar medidas constructivas como el tamaño de las celdas y utilización de materiales resistentes al fuego.

Tipo G: En esta categoría se encuentran construcciones de gran área en las cuales solamente se permite la propagación del fuego horizontalmente. El compartimiento abarca toda una planta o secciones de gran superficie de la misma. Los elementos deben tener una resistencia

al fuego según la carga térmica e incluso elementos como ductos de escaleras, ascensores e instalaciones mecánicas deben definir sectores independientes para evitar así la propagación vertical.

Tipo V: Son construcciones en su mayoría de gran volumen, en las cuales no hay protección ni impedimento para la propagación del fuego ya sea horizontal o verticalmente. Los compartimentos incluyen una parte de la edificación, la cual está aislada del resto de forma que resista el fuego. También incluye construcciones donde la separación entre plantas no es suficiente.

Ahora bien, establecida la anterior clasificación se puede calcular el valor del nivel de planta o **altura útil del local "e"** utilizando los siguientes criterios:

Inmuebles con varias plantas:

**Tipos de construcción Z y G:** El valor de "e" de la planta considerada se determina según los Cuadros 2.72 y 2.74.

**Tipo de construcción V:** El valor de "e" será el más elevado de los correspondientes a las plantas comunicadas entre sí, según las Cuadros 2.72 y 2.74.

**Inmuebles con un solo nivel:** El factor "e" se determina en función de la altura útil del local.

Sótanos: Se considera la diferencia de altura entre el nivel de la calzada y la cota del suelo del sótano considerado y se determina el valor de "e" utilizando el Cuadro 2.73, Sótanos.

**Cuadro 2.72** Nivel de planta/altura útil del local, factor e, para edificios de una planta.

<b>Edificios de una planta</b>			
<b>Altura del local</b>	<b>e</b>		
	<b><math>Q_m \leq 200 \text{ MJ/m}^2</math></b>	<b><math>Q_m &lt; 1000 \text{ MJ/m}^2</math></b>	<b><math>Q_m &gt; 1000 \text{ MJ/m}^2</math></b>
Más de 10m	1	1,25	1,5
Hasta 10m	1	1,25	1,3
Hasta 7m	1	1	1

Fuente: Soto, 2009

**Cuadro 2.73** Nivel de planta/altura útil del local, factor e, para sótanos.

<b>Sótanos</b>	<b>Altura</b>	<b>e</b>
Primer sótano	(-3)m	1
Segundo sótano	(-6)m	1,9
Tercer sótano	(-9)m	2,6
Cuarto y restante	(-12)m	3

Fuente: Soto, 2009

**Cuadro 2.74** Nivel de planta/altura útil del local, factor e, para edificios de varias plantas.

<b>Planta</b>		<b>e</b>
Baja		1
Planta 1	<4m	1
Planta 2	≤7m	1,3
Planta 3	≤10m	1,5
Planta 4	≤13m	1,65
Planta 5	≤16m	1,75
Planta 6	≤19m	1,8
Planta 7	≤22m	1,85
Planta 8, 9 y 10	≤25m	1,9
Planta 11 y superiores	≤34m	2

Fuente: Soto, 2009

c) Amplitud de superficie, g.

**Los valores de "g" dependen de la relación largo/ancho del compartimento y de su superficie;** se encuentran dados por el Cuadro 2.75.

Para las construcciones tipo V: El compartimento corta-fuego más importante es (la planta con mayor superficie) el que se toma en consideración.

Nota relativa a la relación l:b: Para todos los compartimentos corta-fuego mencionados a **continuación es necesario leer el valor de "g" en la columna l:b = 1:1, incluso si la relación l:b efectiva es diferente.**

- Compartimento corta-fuego en sótanos.
- Compartimentos corta-fuego interiores en plantas bajas y desde la primera a la séptima.
- Compartimentos corta- fuego desde la octava planta.

**Cuadro 2.75** Amplitud de superficie, factor g.

	<b>l:b Relación largo/ancho del compartimento C-F</b>								<b>Factor g</b>
	<b>8 : 1</b>	<b>7 : 1</b>	<b>6 : 1</b>	<b>5 : 1</b>	<b>4 : 1</b>	<b>3 : 1</b>	<b>2 : 1</b>	<b>1 : 1</b>	
<b>Superficie AB del compartimento contra-fuego en m2</b>	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
	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
	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
	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
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	

Fuente: Soto, 2009



5) Valor numérico adimensional de las protecciones (M)

Se define como el producto de tres factores:

$$M = N \times S \times F \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

- Valor de las medidas normales de protección (N)
- Valor de las medidas especiales de protección (S)
- Valor de las medidas constructivas de protección (F)

a) Medidas normales de protección (N).

Para obtener este valor se debe multiplicar 5 factores y su valor se calcula con el Cuadro adjunto:

$$N = n1 \times n2 \times n3 \times n4 \times n5 \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

Todos los coeficientes de las medidas normales se encuentran en el Cuadro 2.76.

i) Extintores portátiles n1:

En este caso solo se podrán considerar extintores homologados provistos de distintivos adecuados y que se encuentren reconocidos por la autoridad competente o por la aseguradora.

ii) Bocas de incendio equipadas/puestos de incendio n2:

Deberán ser lo suficientemente equipados para que un personal encargado pueda tener una primera intervención.

iii) Fiabilidad de abastecimiento de agua n3:

Los tres niveles de peligro establecidos exigen condiciones mínimas de caudal y de reserva de agua y fiabilidad de la alimentación y presión. El riesgo relacionado es función del número de personas que corren peligro en la edificación o compartimento, o bienes expuestos.

## Tipos de riesgos

Riesgo alto: dentro de este riesgo se encuentran los edificios antiguos histórico-artísticos, almacenes de gran extensión, almacenes de mercancías, explotaciones industriales y artesanales particularmente expuestas al riesgo de incendio (pintura, trabajos en madera y materias sintéticas, hoteles y hospitales mal compartimentados, residencias de ancianos, entre otros).

Riesgo medio: catalogan edificios administrativos, bloques de viviendas situados en las afueras de los cascos antiguos, construcciones agrícolas, entre otros.

Riesgo bajo: se pueden mencionar naves industriales en un solo nivel con pequeña carga térmica, pequeños edificios de viviendas, viviendas unifamiliares e instalaciones deportivas.

Instalación permanente de presurización independiente de la red de agua: se compone por bombas y su alimentación eléctrica se encuentra asegurada por dos redes independientes o por un motor eléctrico y otro de explosión. La entrada de la fuente de alimentación secundaria debe ser automática en caso de fallo de la fuente principal.

### iv) Conducto de alimentación n4:

La longitud de manguera (h) considerada se toma desde la toma del hidrante exterior hasta el acceso al edificio.

### v) Instrucción del personal n5:

Deberán ser capaces de manipular extintores portátiles y las bocas de incendio. Deberán saber su papel en caso de incendio. El personal debe conocer las posibilidades de alarma, así como las posibilidades de evacuación.

**Cuadro 2.76** Medidas normales de protección.

<b>Medidas Normales</b>					
<b>n1</b>	<b>Extintores portátiles</b>				
	11	Suficientes		1	
	12	Insuficientes o inexistentes		0,9	
<b>n2</b>	<b>Bocas de incendio equipadas</b>				
	21	Suficientes		1	
	22	Insuficientes o inexistentes		0,8	
<b>n3</b>	<b>Fiabilidad abastecimiento de agua</b>				
		Condiciones abastecimiento de agua (Cuando el caudal disponible sea menor se reducirán los factores 31 a 43 en 0,5 por cada 300 l/min menos).			
		Reserva de agua (Cuando la reserva disponible sea menor se reducirán los factores 31 a 43 en 0,05 por cada 36 m3 menos).			
		Riesgo alto 3600 l/min Min 480 m3			
	30	Riesgo medio 1800 l/min Min 240 m3			
		Riesgo bajo 900 l/min Min 120 m3			
			Presión		
			<2	2-4 bar	>4
	31	Depósito elevado con reserva de agua para incendios o bombeo de aguas subterráneas independiente de la red eléctrica con depósito de reserva	0,7	0,85	1
	32	Depósito elevado sin reserva de agua para incendios con bombeo de aguas subterráneas independiente de la red eléctrica	0,65	0,75	0,9
	33	Bombeo de aguas subterráneas independiente de la red eléctrica sin reserva	0,6	0,7	0,85
	34	Bombeo de aguas subterráneas dependiente de la red eléctrica sin reserva	0,5	0,6	0,7
35	Aguas naturales con sistema de impulsión	0,5	0,55	0,6	
<b>n4</b>	<b>Longitud del conducto transporte agua</b>				
	41	< 70 metros hasta el acceso del edificio		1	
	42	70-100 metros		0,95	
	43	> 100 metros		0,9	
<b>n5</b>	<b>Personal instruido</b>				
	51	Disponibile y formado		1	
	52	Inexistente		0,8	

Fuente: Soto, 2009

## b) Medidas especiales S

Según cada grupo de medidas (S1...S6) se tomará el coeficiente correspondiente a las medidas especiales previstas o ya tomadas según el Cuadro 2.77. Si en algún grupo no se haya tomado medida especial se le asignará el valor  $S_i = 1$ .

### i) Detección del fuego, s1

s11: El servicio de vigilancia es por parte de empleados de la empresa o por personas de un servicio exterior, así como regulado y controlado por un reloj de control. Se efectuarán al menos dos rondas durante la noche y días de vacaciones, y no menos de dos rondas de control durante el día. Deberá haber acceso a la alarma en un perímetro de 100 m por parte del vigilante, independientemente de dónde se encuentre, y puede ser mediante teléfono, un emisor-receptor o de un pulsador manual.

s12: La instalación automática de detección de incendios deberá ser capaz de detectar cualquier conato de incendio y dar alarma automática a un puesto ocupado permanentemente, donde los equipos intervendrán cuanto antes para dar inicio con las operaciones de salvamento y lucha contra el incendio.

s13: La instalación de rociadores automáticos es un detector de incendios que cuando se alcanza una temperatura determinada reacciona inmediatamente.

### ii) Transmisión de la alarma, s2

s21: Un puesto de control ocupado permanentemente por una sola persona. Quién se encuentra autorizada para descansar cerca del teléfono de alarma. Y la misma deberá contar con un cuaderno de incidencias.

s22: Un puesto de alarma ocupado permanentemente deberá estar ocupado permanentemente como mínimo por dos personas entrenadas dan la alarma y la comunican a la red pública de teléfono o a una instalación especial de transmisión.

s23: La transmisión automática de la alarma por el tele-transmisor se efectúa inmediatamente desde la central de la instalación de detección de incendios o de extinción por medio de la red telefónica u otro medio similar, propiedad de la empresa, hasta un

puesto oficial de alarma de incendio o, en poco tiempo hasta al menos tres puntos de recepción de alarma.

s24: La transmisión automática de la alarma por línea telefónica supervisada (en cuanto a fiabilidad (cortocircuitos, entre otros) permanentemente se efectúa en este caso desde la central conforme a s23 por medio de una línea especial, o en frecuencia audible por la red telefónica normal hasta un puesto de alarma oficial, de tal manera que la alarma no pueda ser bloqueada por otras comunicaciones.

### iii) Bomberos oficiales y de empresa, s3

s30: Bomberos de empresa: se define para Nivel 1, un grupo de extinción de 10 personas como mínimo, disponibles en horas de trabajo; capacitados en extinción de incendios y preferiblemente si se pudiese, incorporados en el cuerpo local de bomberos.

Se define para Nivel 2, un grupo de extinción de 20 personas como mínimo, capacitadas en extinción de incendios que tienen mando propio y deberán estar listos para la intervención durante la jornada de trabajo.

Se define para Nivel 3, un grupo de extinción de 20 personas como mínimo, capacitadas en extinción de incendios que tienen mando propio y deberán estar listos para la intervención dentro y fuera de la jornada de trabajo.

Se define para Nivel 4, un grupo de extinción de 20 personas como mínimo, capacitadas en extinción de incendios que tienen mando propio y listos para la intervención dentro y fuera de la jornada de trabajo y además durante los días no laborales deberá haber un servicio de guarda de 4 personas como mínimo.

Bomberos públicos:

s31: Un cuerpo de bomberos categoría 1 es un cuerpo de bomberos oficial que no califica como categoría 2.

s32: Un cuerpo de bomberos categoría 2 es un cuerpo de bomberos oficial compuesto como mínimo por 20 personas capacitadas en la lucha contra el fuego que se pueden contactar vía telefónica y deberá de disponer de vehículos. Durante los días feriados debe estar organizado un servicio de retén.

s33: Un cuerpo de bomberos categoría 3 es un cuerpo de bomberos oficial que aparte de cumplir con lo descrito para categoría 2 posee un camión motobomba.

s34: Un cuerpo de bomberos categoría 4 un cuerpo oficial de al menos 20 personas capacitadas en la lucha contra el fuego que pueden ser alarmados telefónicamente y además cumplen con las condiciones dictadas por la Federación Suiza de Bomberos (FSSP). Deberá tener como mínimo un camión motobomba con capacidad mínima de 1.200 litros de agua. Fuera de los días laborables (feriados, sábados y domingos), deberá haber 3 hombres en la estación de bomberos listos para salir en un lapso de 5 minutos.

s35: Un cuerpo de bomberos categoría 5 es un cuerpo oficial que cumple las condiciones dadas por la FSSP, aparte cuenta con un camión motobomba con al menos 2.400 litros de agua. Fuera de los días laborables (feriados, sábados y domingos), deberá haber 5 hombres en la estación de bomberos listos para salir en un lapso de 5 minutos.

s36: Un cuerpo de bomberos de categoría 6 es un centro de socorro tipo A con servicio permanente de retén que cumple las condiciones establecidas por la FSSP. Incluyendo un servicio permanente de retén para la extinción de incendios y protección contra gases de 4 personas como mínimo.

s37: Un cuerpo de bomberos de categoría 7 es un cuerpo profesional con equipos estacionados en uno o varios cuarteles en la zona protegida, los cuales son capaces de actuar y estar preparados en cualquier momento para toda intervención. El poder de intervención está asegurado por el personal con formación profesional, capacitación y equipo pertinente acorde con los riesgos presentes.

#### iv) Escalones de intervención de los bomberos públicos, s4

Se define tiempo de intervención (t.e.) al tiempo transcurrido desde dada la alarma hasta la llegada al lugar en cuestión de un primer grupo suficientemente eficaz. Por lo general, es posible estimar el escalón de intervención según la distancia a vuelo de pájaro entre el lugar de la alarma (estación de bomberos), y el lugar del siniestro; cuando hay obstáculos presentes (fuertes pendientes, desvíos, tráfico intenso, pasos a nivel con gran tráfico ferroviario, entre otros); se considerará el tiempo de recorrido indicado por las entidades competentes.

v) Instalaciones fijas de extinción, s5

Califica la acción de extinción por parte de los rociadores automáticos. Los valores dados son válidos únicamente para una protección total del inmueble o de un compartimento corta-fuego, si se trata de una protección parcial el valor se reducirá.

El valor de protección debido a una instalación de rociadores automáticos debe ser aplicado sólo cuando esté diseñado e instalado de acuerdo a las prescripciones de la compañía aseguradora.

vi) Instalaciones automáticas de evacuación de calor y humos, s6

Estas instalaciones reducen el peligro debido a la acumulación de calor bajo el techo de naves de gran superficie. Es por ello que si la carga térmica no es demasiado importante, se puede luchar contra el peligro de una propagación de humos y calor. Para garantizar la eficiencia de las instalaciones deberán abrir a tiempo por medio de un dispositivo automático de disparo, si se puede antes de la llegada de las fuerzas de extinción.

Instalaciones mecánicas de evacuación de humos y calor:

Se puede aplicar a edificaciones de varias plantas, consiste principalmente en instalar un sistema de ventilación mecánica para la evacuación del humo y el calor, o incluso una instalación de sobrepresión con dispositivos de evacuación de humos.

Puede haber adicionalmente pantallas corta-humo situadas bajo el techo las cuales aumentan la eficacia de estas instalaciones. En los locales como almacenes con fuerte carga térmica protegidos con rociadores, los exutorios o instalaciones mecánicas de evacuación de calor y de humo deberán entrar en funcionamiento antes que los rociadores.

**Cuadro 2.77** Medidas especiales de protección.

<b>Medidas Especiales</b>						<b>S</b>	
S <sub>1</sub>	<b>Detección del fuego</b>						
	11	Vigilancia:	2 rondas durante la noche y días festivos			1,05	
			Rondas cada 2 horas			1,1	
	12	Instalación de detección automática				1,1	
	13	Instalación de rociadores automáticos				1,2	
S <sub>2</sub>	<b>Transmisión de la alarma a bomberos</b>						
	21	Desde un puesto ocupado permanentemente (una persona y teléfono)				1,05	
	22	Desde un puesto ocupado permanentemente (dos personas y teléfono)				1,1	
	23	Transmisión automática de la alarma a bomberos por central de detección o teletransmisor				1,1	
24	Transmisión automática de la alarma a bomberos mediante una línea telefónica supervisada, línea reservada o TUS				1,2		
S <sub>3</sub>	<b>Intervención de bomberos públicos y de la empresa</b>						
	30	B.P.	B.E. Nivel 1	B.E. Nivel 2	B.E. Nivel 3	B.E. Nivel 4	Sin B.E.
	31	Cuerpo B.P.	1,2	1,3	1,4	1,5	1
	32	B.P. + alarma simultánea	1,3	1,4	1,5	1,6	1
	33	32+TP	1,4	1,5	1,6	1,7	1,3
	34	Centro B*	1,45	1,55	1,65	1,75	1,35
	35	Centro A*	1,5	1,6	1,7	1,8	1,4
	36	Centro A*+ reten	1,55	1,65	1,75	1,85	1,45
37	BP profesionales	1,7	1,75	1,8	1,9	1,6	
S <sub>4</sub>	<b>Categorías de intervención de los cuerpos locales de bomberos</b>						
	40		Rociadores cl. 1 cl. 2	B.E. Nivel 1 + 2	B.E. Nivel 3	B.E. Nivel 4	Sin B.E.
	41	E1 < 15 min < 5 km	1	1	1	1	1
	42	E2 < 30 min > 5 km	1,00 0,95	0,9	0,95	1	0,8
	43	E3 > 30 min	0,95 0,90	0,75	0,9	0,95	0,6
S <sub>5</sub>	<b>Instalaciones de extinción</b>						
	51	Rociadores cl. 1 (abastecimiento doble)				2	
	52	Rociadores cl. 2 (abastecimiento único) o instalación de agua pulverizada				1,7	
53	Protección automática de extinción por gas (protección del local)				1,35		
S <sub>6</sub>	60	Instalación de evacuación de humos automática o manual				2	

Fuente: Soto, 2009



c) Medidas inherentes a la construcción, resistencia al fuego "F".

El valor de resistencia al fuego F del compartimento corta-fuego, así como de las zonas colindantes vienen dado por el producto de 4 factores:

$$F = f1 \times f2 \times f3 \times f4 \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

Donde f1, f2, f3 y f4, son medidas de protección relativas a la construcción, y están dados en el Cuadro adjunto.

i) f1: Estructura portante: es la resistencia al fuego de la estructura portante del compartimento cortafuego considerado.

ii) f2: Fachadas: El factor f2 considera la resistencia al fuego de las fachadas del compartimento considerado.

El valor de protección del Cuadro 2.78 depende del porcentaje de superficie vidriada AF en relación con el conjunto de la superficie de la fachada, y de su resistencia al fuego. Para evaluar esta resistencia se toma en cuenta el tipo de construcción de la fachada, comprendidos los acoplamientos y elementos de comunicación, pero sin tomar en cuenta las ventanas. Prevalecerán las partes que presenten la menor resistencia al fuego.

iii) f3: Forjados: Aquí el factor G califica la separación entre plantas tomando en cuenta la resistencia al fuego del techo, los tipos de comunicaciones verticales y aberturas y el número de plantas del edificio.

Resistencia al fuego de los techos: Son determinantes las zonas del techo que presentan la menor resistencia al fuego.

Comunicaciones verticales y aberturas en los techos: deben ser compartimentadas del resto de la construcción por paredes de RF-90 (por ejemplo cerramientos de cajas de escaleras, cuyos accesos se cierran con puertas cortafuego o conductos de ventilación con clapetas corta-fuegos en los pasos entre plantas).

Las comunicaciones verticales y las aberturas en los techos se consideran protegidas aun cuando normalmente estén abiertas, si existe una instalación de extinción automática (por ejemplo rociadores instalados según legislación vigente) o si las clapetas automáticas, de T-

30, aseguran su cierre. Si no se cumplen estas condiciones se considera que las demás comunicaciones o aberturas en los techos son pasos no cerrados o insuficientemente protegidos.

iv) f4: Células corta-fuegos: son subdivisiones de plantas cuya superficie en planta AZ no supera los 200 m<sup>2</sup> y cuyos tabiques presentan una resistencia al fuego de RF-30 o más y con puertas de acceso tipo T-30.

Se presentan en el Cuadro 2.78 los valores de f4 que son función de las dimensiones y resistencia al fuego de los elementos de cerramiento y la magnitud del cociente entre superficies vidriadas y superficie del compartimento (AF/AZ).

**Cuadro 2.78** Medidas inherentes a la construcción.

<b>Medidas inherentes a la construcción</b>							
<b>F</b>		<b>F=f1*f2*f3*f4</b>			<b>f</b>		
<b>Estructura portante (paredes, dinteles, pilares)</b>							
f1	11	RF-90 y más			1,3		
	12	RF-30 – 60			1,1		
	13	<RF-30			1		
<b>Fachadas (altura de las ventanas &lt; 2/3 altura de la planta)</b>							
f2	21	RF-90 y más			1,15		
	22	RF-30 – 60			1,1		
	23	<RF-30			1		
<b>Suelos (no válido para las cubiertas), Separación horizontal entre niveles</b>				Aberturas verticales Z+G V			
				Nº de pisos	Ninguna u obturadas	Prot.	No prot.
f3	31	RF-90 y más	(=2)	1,2	1,1	1	
			>2	1,3	1,15	1	
	32	RF-30 – 60	(=2)	1,15	1,05	1	
			>2	1,2	1,1	1	
	33	<RF-30	(=2)	1,05	1,05	1	
			>2	1,1	1	1	
<b>Superficies de las células corta-fuego, provistas de tabiques RF-30, puertas corta-fuegos T-30. Relación AF/AZ</b>				(=10%)	<10%	<5%	
f4	41	AZ < 50m <sup>2</sup>			1,4	1,3	1,2
	42	AZ < 100m <sup>2</sup>			1,3	1,2	1,1
	43	AZ < 200m <sup>2</sup>			1,2	1,1	1

Fuente: Soto, 2009

## 6) Peligro de activación, factor A

El peligro de activación representa la probabilidad de ocurrencia de un incendio. El Cuadro 2.79 indica la relación entre la categoría de activación y el factor A. Son en general preponderantes (valor de A mayor) la actividad o los materiales manejados que presentan el mayor peligro de activación, si alcanzan al menos el 10% de las totales.

**Cuadro 2.79** Peligro de activación, factor A

<b>Factor A</b>	<b>Peligro de activación</b>	<b>Ejemplos</b>
0,85	Débil	Museos
1	Normal	Apartamentos, hoteles, fabricación de papel
1,2	Medio	Fabricación de maquinaria y aparatos
1,45	Alto	Laboratorios químicos, talleres de pintura
1,8	Muy alto	Fabricación de fuegos de artificio, fabricación de barnices y pintura

Fuente: Soto, 2009

## 7) Riesgo aceptado (Ru)

El valor numérico del riesgo aceptado, está dado por:

$$Ru = 1,3P_{H,E} \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

Donde  $P_{H,E}$ , depende de la categoría de peligro para las personas, de la cantidad de las mismas en el compartimento corta-fuego y de la situación de este con respecto al nivel de la calle. Este valor está dado por el Cuadro 2.80:

**Cuadro 2.80** Categoría de peligro para las personas

Número de personas admitidas en el compartimento corta -fuego considerado	Categoría de peligro para las personas												
	1				2				3				P <sub>H,E</sub>
	Situación del compartimento cortafuego considerado				Situación del compartimento cortafuego considerado				Situación del compartimento cortafuego considerado				
	Baja + 1a planta	2a-4a planta	5a-7a planta	8a y más	Baja + 1a planta	2a-4a planta	5a-7a planta	8a y más	Baja + 1a planta	2a-4a planta	5a-7a planta	8a y más	
>1000	(=30)	-	-	>1000	-	-	-	>1000	-	-	-	1	
-	(=100)	-	-	-	(=30)	-	-	-	-	-	-	0,95	
-	(=300)	-	-	-	(=100)	-	-	-	-	-	-	0,9	
-	(=1000)	(=30)	-	-	(=300)	-	-	-	(=30)	-	-	0,85	
-	>1000	(=100)	-	-	(=1000)	(=30)	-	-	(=100)	-	-	0,8	
-	-	(=300)	-	-	>1000	(=100)	-	-	(=300)	-	-	0,75	
-	-	(=1000)	(=30)	-	-	(=300)	-	-	(=1000)	(=30)	-	0,7	
-	-	>1000	(=100)	-	-	(=1000)	(=30)	-	>1000	(=100)	-	0,65	
-	-	-	(=300)	-	-	>1000	(=100)	-	-	(=300)	-	0,6	
-	-	-	(=1000)	-	-	-	(=300)	-	-	(=1000)	(=30)	0,55	
-	-	-	>1000	-	-	-	(=1000)	-	-	>1000	(=100)	0,5	
-	-	-	-	-	-	-	>1000	-	-	-	(=300)	0,45	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(=1000)	0,4	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>1000	0,35	

Fuente: Soto, 2009

**2.2.2 Ejecución del método en el campo**

En cuanto a la aplicación del método de Gretener se aplicó la misma división de las edificaciones dada en el Cuadro 2.28. Para las mismas se obtuvo los siguientes resultados:

Peligro Potencial (P)

Carga de incendio mobiliario (q):

Según la clasificación indicada en el apartado 2.2.1.1.1 apartado 4) inciso b) la edificación es de tipo V, y cada pabellón no cuenta con compartimentos cortafuego, razón por la cual según el método se debe sumar las distintas cargas de incendio mobiliaria del conjunto de las plantas que se comunican entre sí, y se dividen entre el área total de cada pabellón, tal y

como se describe en el cuadro 2.34. Con estos datos y utilizando la información del cuadro 2.67 se obtiene el factor  $q$ .

**Cuadro 2.81** Carga de incendio mobiliario ( $q$ ) de la edificación.

<b>Carga Térmica (MJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (MJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>q</b>
Pabellón 1	868,7	509,9	1,3
Pabellón 2	323,4	252,0	1,1
Pabellón 3	232,9	248,1	1,1
Pabellón 4	205,8	404,6	1,3
Gimnasio	588,8	210,0	1,1

Fuente: El autor

Combustibilidad ( $c$ ):

Las edificaciones de la escuela, aunque en su mayoría son aulas, también tiene aposentos de distintos usos y donde se almacenan diferentes materiales, por lo que existe variedad de índices de combustibilidad, esto se puede apreciar en el Anexo II donde se detalla la clasificación de materiales y su combustibilidad.

**Cuadro 2.82** Combustibilidad de las edificaciones, factor  $c$ .

<b>Edificio</b>	<b>Grado de combustibilidad (según CEA)</b>		<b>c</b>
	<b>Nuevo</b>	<b>Antiguo</b>	
Pabellón 1	4	IV	1
Pabellón 2	4	IV	1
Pabellón 3	4	IV	1
Pabellón 4	4	IV	1
Gimnasio	5	V	1

Fuente: El autor

Peligro de humo ( $r$ ):

Para esto se deben analizar los materiales de la edificación y su potencial producción de humo. Para ello se puede afirmar que materiales poco combustibles tienen una baja

producción de humo, los materiales orgánicos tienen mediana producción de humo y los productos químicos alta producción de humo. Para las edificaciones analizadas se tienen los siguientes resultados:

**Cuadro 2.83** Peligro de humo, factor r.

<b>Edificio</b>	<b>r</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Peligro de corrosión/toxicidad (k):

La corrosión y toxicidad es un factor muy importante a considerar debido a que en un posible incendio se pueden generar gases tóxicos que pueden poner en riesgo la vida de las personas en los alrededores y además generar daños en la edificación.

**Cuadro 2.84** Peligro de corrosión/toxicidad, factor k.

<b>Edificio</b>	<b>k</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Carga de incendio inmobiliaria (i):

Depende de la combustibilidad de la estructura portante y de los elementos de cerramiento no portante. Todas las edificaciones son en mampostería reforzada con columnas y vigas de concreto y los cerramientos de la estructura no portante es en fibrolit.

**Cuadro 2.85** Carga de incendio inmobiliaria, factor i.

<b>Edificio</b>	<b>i</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Nivel de planta/altura útil del local (e):

Todas las edificaciones tienen una altura de techo menor a los 7 m, y considerando lo establecido en el cuadro 2.72, se tienen los siguientes resultados:

**Cuadro 2.86** Nivel de planta/altura útil del local, factor e.

<b>Edificio</b>	<b>e</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Amplitud de superficie (g):

Se debe considerar el compartimento corta fuego más importante, el cual para las edificaciones tipo V es la planta de mayor área. Para este caso la superficie de mayor área es el área de cada pabellón y la relación largo/ancho, no se considera según lo indicado anteriormente, y se debe **tomar el valor de "g" en la columna l/b = 1:1** del cuadro 2.72.

**Cuadro 2.87** Amplitud de superficie, factor g.

<b>Edificio</b>	<b>Superficie AB (m2)</b>	<b>Relación l/b</b>	<b>g</b>
Pabellón 1	868,7	1	0,6
Pabellón 2	323,4	1	0,4
Pabellón 3	232,9	1	0,4
Pabellón 4	205,8	1	0,4
Gimnasio	588,8	1	0,5

Fuente: El autor

Medidas normales de protección (N)

Extintores portátiles (n1):

En el Anexo IV se hace referencia a la Norma NFPA 10 “Extintores Portátiles contra incendios”, la cual se encarga de establecer los requisitos básicos para la colocación de extintores portátiles, desde su selección, instalación, mantenimiento, entre otros. Es siguiendo estos requisitos con los que se obtienen los siguientes resultados:

**Cuadro 2.88** Requerimiento de extintores portátiles

<b>Edificio</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Requerimiento por área (unidades)</b>			<b>Carga Térmica (MJ/m2)</b>	<b>Requerimiento por peso (lb)</b>		
		<b>Se requieren</b>	<b>Existen</b>	<b>Estado</b>		<b>Se requieren</b>	<b>Existen</b>	<b>Estado</b>
Pabellón 1	868,7	6	4	Insuficiente	509,9	19,0	25,0	Suficiente
Pabellón 2	323,4	3	0	Insuficiente	252,0	10,0	0,0	Insuficiente
Pabellón 3	232,9	2	0	Insuficiente	248,1	10,0	0,0	Insuficiente
Pabellón 4	205,8	2	1	Insuficiente	404,6	15,0	10,0	Insuficiente
Gimnasio	588,8	4	0	Insuficiente	210,0	8,0	0,0	Insuficiente

Fuente: El autor

Como se puede observar, todas las edificaciones requieren más unidades de acuerdo a su área, y en cuanto al requerimiento por peso solo el pabellón 1 y 4 cumplen con lo establecido en la Norma, por lo que se obtienen los siguientes resultados:



**Cuadro 2.89** Extintores portátiles, factor n1.

<b>Edificio</b>	<b>n1</b>
Pabellón 1	0,9
Pabellón 2	0,9
Pabellón 3	0,9
Pabellón 4	0,9
Gimnasio	0,9

Fuente: El autor

Bocas de incendio equipadas/puestos de incendio (n2):

Existe un hidrante a 20m de la entrada principal de la institución, el cual se encuentra en buen estado de funcionamiento, y puede brindar suficiente caudal para mitigar algún incendio en cualquiera de las edificaciones.

**Cuadro 2.90** Bocas de incendio equipadas, factor n2.

<b>Edificio</b>	<b>n2</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Fiabilidad de abastecimiento de agua (n3):

Debido a que se trata de una escuela, donde se tiene la permanencia temporal de aproximadamente 500 niños por día, y además de que las instalaciones están mal compartimentadas se considera como una estructura de alto riesgo. Únicamente se considera el gimnasio como una estructura de riesgo bajo, ya que se trata de una nave industrial con baja carga térmica. En la actualidad no se cuenta con un tanque de abastecimiento en caso de incendio, solamente se tiene el hidrante exterior que depende del caudal y presión del acueducto local.

**Cuadro 2.91** Fiabilidad de abastecimiento de agua, factor n3.

<b>Edificio</b>	<b>n3</b>
Pabellón 1	0,5
Pabellón 2	0,5
Pabellón 3	0,5
Pabellón 4	0,5
Gimnasio	0,6

Fuente: El autor

Conducto de alimentación (n4):

Como se mencionó anteriormente, existe un hidrante en buen estado de funcionamiento como a 80m de la escuela por lo que la longitud de la manguera es menor a los 70-100m para el pabellón 1 y el gimnasio, mientras que para los otros tres pabellones está entre los 70-100m.

**Cuadro 2.92** Conducto de alimentación, factor n4.

<b>Edificio</b>	<b>n4</b>
Pabellón 1	0,95
Pabellón 2	0,9
Pabellón 3	0,9
Pabellón 4	0,9
Gimnasio	0,95

Fuente: El autor

Instrucción del personal (n5):

La escuela no posee un plan de emergencias, y sin esto no se puede proceder correctamente en caso de un incendio.

**Cuadro 2.93** Instrucción del personal, factor n5.

<b>Edificio</b>	<b>n5</b>
Pabellón 1	0,8
Pabellón 2	0,8
Pabellón 3	0,8
Pabellón 4	0,8
Gimnasio	0,8

Fuente: El autor

Medidas especiales de protección (S)

Detección del fuego (s1):

En la institución se cuenta con un guarda que durante las horas laborales se encarga de llevar un control de las personas que ingresan y salen de la escuela, y hace muy pocas rondas de inspección, sin embargo durante estas horas serían los mismos estudiantes los que advertirían en caso de un incendio, y se tiene otro guarda que trabaja en la jornada nocturna y feriados que si realiza rondas y tiene que vigilar las edificaciones. En la escuela no existen rociadores automáticos ni elementos de detección automática.

**Cuadro 2.94** Detección del fuego, factor s1.

<b>Edificio</b>	<b>s1</b>
Pabellón 1	1,05
Pabellón 2	1,05
Pabellón 3	1,05
Pabellón 4	1,05
Gimnasio	1,05

Fuente: El autor

Transmisión de la alarma (s2):

Si se diera un conato de incendio lo primero que se haría es tratar de controlarlo con los extintores, y si éste no se puede apagar con esto, sería llamar a la estación de bomberos

inmediatamente para que estos sean los que intervengan. Dicha llamada la haría el guarda (en la noche o feriados) o un maestro o el director en la jornada laboral.

**Cuadro 2.95** Transmisión de la alarma, factor s2.

<b>Edificio</b>	<b>s2</b>
Pabellón 1	1,05
Pabellón 2	1,05
Pabellón 3	1,05
Pabellón 4	1,05
Gimnasio	1,05

Fuente: El autor

Bomberos oficiales y de empresa (s3):

En el caso en que se presentase un incendio en la escuela, los bomberos que darían la atención serían los bomberos públicos de Palmares, los cuales se encuentran a menos de 5min de la institución.

**Cuadro 2.96** Bomberos oficiales y de empresa, factor s3.

<b>Edificio</b>	<b>s3</b>
Pabellón 1	1,3
Pabellón 2	1,3
Pabellón 3	1,3
Pabellón 4	1,3
Gimnasio	1,3

Fuente: El autor

Escalones de intervención de los bomberos públicos (s4):

La escuela se encuentra a aproximadamente 3km de la estación de bomberos, y debido a que en Palmares el flujo vehicular es bajo, no se deberían presentar atrasos por congestión, por esto es que las unidades de bomberos pueden llegar al sitio de la emergencia en menos de 15min después de la llamada de alerta.

**Cuadro 2.97** Escalones de intervención de los bomberos públicos, factor s4.

<b>Edificio</b>	<b>s4</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Instalaciones fijas de extinción (s5):

En ninguna de las edificaciones de la escuela se tiene ningún tipo de instalaciones fijas de extinción.

**Cuadro 2.98** Instalaciones fijas de extinción, factor s5.

<b>Edificio</b>	<b>s5</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Instalaciones automáticas de evacuación de calor y humos (s6):

Al igual que el caso anterior, tampoco se cuenta con instalaciones automáticas de evacuación de calor y de humo en ninguna de las edificaciones de la escuela.

**Cuadro 2.99** Instalaciones automáticas de evacuación de calor y humo, factor s6.

<b>Edificio</b>	<b>s6</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Medidas inherentes a la construcción (F)

Estructura portante (f1):

Se debe determinar la resistencia al fuego en minutos de los elementos de la estructura portante de cada uno de los pabellones y el gimnasio. Debido a que las edificaciones se han ido realizando conforme a la demanda de estudiantes se han utilizado diferentes sistemas constructivos. Los pabellones 1 y 3 su estructura portante está conformada por muros de mampostería de bloques de 15cm con repello por lo que según el Cuadro AIII-4 Anexo III la resistencia al fuego es RF-120. Para los pabellones 2 y 4 la estructura portante está formada por paneles prefabricados de concreto reforzado de aproximadamente 10cm de espesor con repello, las cuales tienen una resistencia al fuego de RF-90. El gimnasio está construido con columnas y vigas de acero de alma llena las cuales luego de ser analizadas para determinar su resistencia al fuego se tienen los siguientes resultados:

**Cuadro 2.100** Estructura portante, factor f1.

<b>Edificio</b>	<b>f1</b>
Pabellón 1	1,3
Pabellón 2	1,3
Pabellón 3	1,3
Pabellón 4	1,3
Gimnasio	1,3

Fuente: El autor

Fachadas (f2):

Las fachadas de los pabellones son en muros de mampostería con ventanas y sistema prefabricado con ventanas, únicamente el gimnasio es abierto. Determinando la resistencia al fuego de cada una de las edificaciones se tiene:

**Cuadro 2.101** Fachadas, factor f2.

<b>Edificio</b>	<b>f2</b>
Pabellón 1	1,15
Pabellón 2	1,15
Pabellón 3	1,15
Pabellón 4	1,15
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Forjados (f3):

Como se determinó anteriormente, el tipo de construcción de las edificaciones es tipo V y como se tiene que es de un solo nivel se tienen los siguientes valores para f3:

**Cuadro 2.102** Forjados, factor f3.

<b>Edificio</b>	<b>f3</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Células corta-fuegos (f4):

Ninguna de las edificaciones posee compartimentos cortafuegos, ya que aunque son muros de mampostería se conectan a nivel de cielos y además no se tienen puertas corta-fuego T-30, por lo que se castiga con el valor más bajo.

**Cuadro 2.103** Células corta-fuegos, factor f4.

<b>Edificio</b>	<b>f4</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Peligro de activación (A):

Por tratarse de una escuela, por el tipo de materiales presentes, y por la probabilidad de ocurrencia de un incendio en la institución se tiene que el peligro de activación es de nivel normal.

**Cuadro 2.104** Peligro de activación, factor A.

<b>Edificio</b>	<b>Factor A</b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

Peligro para las personas ( $P_{H,E}$ ):

Para poder determinar el peligro para las personas, es necesario considerar la cantidad de ocupantes del inmueble así como también el uso que se le da. Como se ha mencionado anteriormente, la población estudiantil ronda los 500 alumnos y además toda la edificación posee un solo nivel, es por ello que se tiene un peligro igual a 1.

**Cuadro 2.105** Peligro para las personas, factor  $P_{H,E}$ .

<b>Edificio</b>	<b>Factor <math>P_{H,E}</math></b>
Pabellón 1	1
Pabellón 2	1
Pabellón 3	1
Pabellón 4	1
Gimnasio	1

Fuente: El autor

### 2.2.3 Resultados obtenidos

Si se toman las ecuaciones 2.2 a 2.10 y se recuerda que  $\gamma = Ru/R$ , este valor determina si el compartimento cortafuego está suficientemente asegurado ( $\gamma > 1$ ) y entre más grande sea el valor con respecto a la unidad, más asegurado estará.

Recordando las fórmulas tenemos que:

-El Riesgo efectivo es el producto del peligro global (B) y el peligro de activación (A):



$$R = B \times A$$

-Peligro Global B: Es la relación entre el peligro potencial (P) y las medidas de protección presentes en el compartimento cortafuegos (M):

$$B = P/M$$

-Peligro potencial P: Es el producto de los peligros inherentes al contenido por los peligros inherentes al continente:

$$P = P_{CO} \times P_{CE}$$

-Peligros inherentes al contenido  $P_{CO}$ : Es el producto de los siguientes factores:

$$P_{CO} = q \times c \times r \times k$$

-Peligros inherentes al continente  $P_{CE}$ : Es el producto de los siguientes factores:

$$P_{CE} = i \times e \times g$$

-Valor numérico adimensional de las protecciones (M)

Se define como el producto de tres factores:

$$M = N \times S \times F$$

a) Valor de las medidas normales de protección (N)

$$N = n1 \times n2 \times n3 \times n4 \times n5$$

b) Valor de las medidas especiales de protección (S)

$$S = s1 \times s2 \times s3 \times s4 \times s5 \times s6$$

c) Valor de las medidas constructivas de protección (F)

$$F = f1 \times f2 \times f3 \times f4$$

-Riesgo aceptado ( $R_u$ )

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

A partir de estas definiciones se tienen los siguientes resultados:

**Cuadro 2.106** Resumen de factores y peligro potencial, factor P.

Edificio/Factor	P <sub>CO</sub>				P <sub>CE</sub>			P
	q	c	r	k	i	e	g	
Pabellón 1	1,3	1	1	1	1	1	0,6	0,78
Pabellón 2	1,1	1	1	1	1	1	0,4	0,44
Pabellón 3	1,1	1	1	1	1	1	0,4	0,44
Pabellón 4	1,3	1	1	1	1	1	0,4	0,52
Gimnasio	1,1	1	1	1	1	1	0,5	0,55

Fuente: El autor

**Cuadro 2.107** Resumen de medidas de protección, factor M.

Edificio/Factor	N					S						F				M
	n1	n2	n3	n4	n5	s1	s2	s3	s4	s5	s6	f1	f2	f3	f4	
Pabellón 1	0,9	1	0,5	0,95	0,8	1,05	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1,15	1	1	0,73
Pabellón 2	0,9	1	0,5	0,9	0,8	1,05	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1,15	1	1	0,69
Pabellón 3	0,9	1	0,5	0,9	0,8	1,05	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1,15	1	1	0,69
Pabellón 4	0,9	1	0,5	0,9	0,8	1,05	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1,15	1	1	0,69
Gimnasio	0,9	1	0,6	0,95	0,8	1,05	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1	1	1	0,76

Fuente: El autor

**Cuadro 2.108** Resumen de resultados, factor  $\gamma$ .

Edificio / Factor	P	M	B	A	R	P <sub>H,E</sub>	Ru	$\gamma$	Calificación
Pabellón 1	0,78	0,73	1,06	1	1,06	1	1,30	1,22	Suficiente
Pabellón 2	0,44	0,69	0,63	1	0,63	1	1,30	2,05	Bueno
Pabellón 3	0,44	0,69	0,63	1	0,63	1	1,30	2,05	Bueno
Pabellón 4	0,52	0,69	0,67	1	0,67	1	1,30	1,74	Bueno
Gimnasio	0,55	0,76	0,72	1	0,72	1	1,30	1,81	Bueno

Fuente: El autor

## **Capítulo 3. Adecuación de la Escuela conforme a la Ley 7600**

### **3.1 Descripción del reglamento a la Ley 7600 y verificación del cumplimiento en las instalaciones de la escuela.**

Para verificar el cumplimiento a la Ley 7600 y su respectivo reglamento en la Escuela Joaquín L. Sancho, específicamente el Capítulo 4, correspondiente al acceso al espacio físico, se detallan a continuación los requerimientos establecidos en dicho reglamento y las características que presentan las instalaciones actuales.

#### **3.1.1 Fiscalización**

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes, el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, el Ministerio de Salud Pública, el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, las Municipalidades y demás entidades competentes de revisar planos y conceder permisos de construcción y remodelación o cualquier otra autorización similar, deberán controlar y fiscalizar que las disposiciones pertinentes contenidas en el presente reglamento se cumplan en todos sus extremos.

#### **3.1.2 Principios de accesibilidad**

Los principios, especificaciones técnicas y otras adaptaciones técnicas de acuerdo a la discapacidad, establecidos en el reglamento de la Ley 7600 se aplicarán para las construcciones nuevas, ampliaciones, remodelaciones de edificios, parques, aceras, jardines, plazas, vías u otras edificaciones públicas y privadas que brinden servicios al público, los programas de vivienda financiados con fondos públicos y los servicios de transporte público y privado que rigen en el territorio nacional.

En este caso, aunque se trata de una edificación existente, se verificarán los requisitos presentes en el reglamento como si fuera una construcción nueva, esto con el fin de poder determinar qué es lo que se debe mejorar para así poder cumplir con la Ley 7600.

#### **3.1.3 Símbolo internacional de acceso**

Todos los señalamientos que deban hacerse para indicar el acceso a los servicios utilizados por personas con discapacidad, se presentarán con el símbolo internacional de acceso.

Características del símbolo internacional de acceso: El símbolo internacional de acceso tiene las siguientes medidas: 15 x 15 cm. para uso de interiores y 20 x 20 cm. para uso en exteriores. El fondo en color azul claro y la figura en blanco.



**Figura 3.1.** Símbolo Internacional de Acceso.

#### **3.1.4 Lavaderos y fregaderos**

Los lavaderos deben permitir al usuario trabajar en posición sentada, permitiendo un alcance cómodo y proporcionar un espacio inferior libre de 0.68 m. mínimo para rodillas y piernas. El fregadero debe poseer una altura máxima de 0.85 m., los controles deberán estar ubicados a una distancia no mayor de 0.60 m. del borde del mostrador y ser tipo palanca. El fregadero deberá tener una profundidad no mayor de 12.5 cm. y proporcionar un área lisa de mostrador como apoyo y soporte para brazos de 7.5 cm. al frente.

En la escuela existen tres fregaderos, uno en el comedor estudiantil, uno en la soda y otro en la sala de profesores, todos estos cumplen con la normativa en cuanto a las dimensiones permitidas, lo que si no están cumpliendo es que los controles son de tipo rosca y no tipo palanca como lo indica el reglamento, como se puede observar en la figura 3.2.



**Figura 3.2.** Fregaderos de soda y sala de profesores.



**Figura 3.3.** Lavaderos

Debido a que se trata de una escuela, lo único que se lava es el palo-piso por parte de los misceláneos, para lo cual existen pequeñas pilas a nivel del piso donde se realiza esta actividad. Existen 2 lavaderos o pilas que son utilizadas por los estudiantes para lavarse las manos y tomar agua, las cuales no cumplen con el reglamento, ya que aunque en la figura 3.3 de la izquierda se puede observar una abertura en la parte inferior, no es lo suficientemente amplia como para permitir el acceso de una silla de ruedas.

### **3.1.5 Fuentes de calor**

Toda fuente de calor deberá estar recubierta por un aislante térmico.

### 3.1.6 Cocina

La cocina deberá poseer un espacio libre mínimo de 1.50 x 1.50 m. para la movilización hacia todos sus componentes.

Los estantes de cocina deberán estar colocados entre 0.30 y 0.40 m. de altura, con relación al piso.

La cocina que se tiene en la escuela se encuentra en el comedor estudiantil, esta cocina es bastante amplia y el espacio de maniobra es mayor a los 1,50m que dicta dicho reglamento. En cuanto a los estantes son muy pocos y algunos si se encuentran separados aunque no lo suficiente y hay otros que se encuentran a nivel de piso.



**Figura 3.4.** Cocina

### 3.1.7 Puertas

El ancho mínimo de todas las puertas y aberturas será de 0.90 m. Todas las puertas permitirán un espacio libre de por lo menos 0.45 m. de ancho adyacente a la puerta en el lado opuesto a las bisagras, el cual deberá estar provisto en ambos lados de la puerta.

Las puertas de los cuartos de baño o espacios confinados abrirán hacia afuera.



**Figura 3.5.** Puertas de servicios sanitarios.

Se consideran como alternativas las puertas corredizas. Placas metálicas, para la protección de posibles daños a las personas, se pueden instalar a ambos lados de la puerta, hasta una altura de 0.30 m.

La agarradera será de fácil manipulación, de tipo barra o aldaba y debe instalarse a una altura entre 0.90 m.

En el caso de las puertas de los baños es importante mencionar que se tienen 2 baterías de baños para hombres y mujeres, las puertas son en metal y abren hacia adentro, el ancho libre es de 0,72m y no cuentan con agarraderas de fácil manipulación, solamente tienen un picaporte en el interior por lo que no cumplen con la normativa, como se muestra en la figura 3.5.

Las puertas de las aulas y de la entrada a los baños son en tableros de madera o en metal de 1,15m de ancho pero que abren hacia adentro, además solamente en algunos casos cuentan con agarraderas tipo barra.

El espacio libre de las puertas tendrá un ancho mínimo de 0.90 m, serán fáciles de abrir; en caso de utilizar resortes, éstos no deberán obstaculizar la apertura de la puerta. Llevarán un

elemento protector metálico en la parte inferior de 0.30 m como mínimo, principalmente en las de vidrio.

Las puertas deberán en todo caso abrir en ambos sentidos. En la institución ninguna puerta abre en ambos sentidos. En caso de que la distancia con la acera no permita su apertura exterior, deberán tener un retiro del mismo tamaño que las hojas de la puerta. Podrá eximirse este retiro a las puertas corredizas accionables manualmente desde una silla de ruedas.

Las puertas de acceso deberán llevar indicaciones de luz, para uso de las personas con deficiencia auditiva. Este requisito no se cumple, pues no cuenta con dichos dispositivos.

### 3.1.8 Ventanas

Las ventanas estarán ubicadas a una altura apropiada para aprovechar la luz y el paisaje disponible. Las ventanas para mirar hacia afuera podrán tener zócalo de 82.5 cm. de altura máxima.

Los pabellones cuentan con ventanas en ambos lados, las de dan hacia los pasillos se encuentran a una altura de 1,8m y son en vidrios fijos. Estas ventanas se encuentran a esta altura para evitar que los alumnos se distraigan y sirven para dar claridad. Las ventanas que dan hacia los patios se encuentran a 1,1m sobre el nivel de piso, por lo que tampoco cumplen, y las ventanas son en ventilas en el pabellón 1 y celosías con verjas de metal en los otros pabellones las cuales permiten la ventilación. Esto se puede observar en la figura 3.6.



**Figura 3.6.** Ventanas de los pabellones



### **3.1.9 Controles de ventanas**

Los controles de las ventanas serán accesibles y fáciles de operar desde una posición sentada. Las celosías si cumplen porque cuentan con una palanca para abrir y cerrar que si pueden ser manipuladas desde una posición sentada, en el caso de las ventilas solo se podrían abrir las de la parte inferior.

### **3.1.10 Cuarto de baño**

La distribución del cuarto de baño proveerá un espacio libre de maniobra de 1.50 m. En la escuela se tiene un servicio sanitario adecuado para personas con discapacidad que cumple con esta normativa.

### **3.1.11 Dispositivos y accesorios**

Todos los estantes, pañeras y tomacorrientes, estarán colocados a una altura máxima de 0.90 m.

Las cajas de fusibles e interruptores eléctricos deberán estar accesibles al usuario en silla de ruedas, con mecanismos de seguridad apropiados para evitar accidentes.

Se debe usar puertas de apertura hacia afuera o corredizas en todos los cuartos de baño. Los pisos de los baños serán de material antiderrapante.

Todos los tomacorrientes se encuentran a 45cm del piso, los apagadores de encuentran a una altura de 1,40m lo cual si puede ser manipulado desde una silla de ruedas, por lo que si se cumple este requisito. Lo único que no cumple con esto es la caja de fusibles, la cual se encuentra a 1,80m de altura.

### **3.1.12 Lavatorios**

Los lavatorios deberán instalarse a una altura máxima de 0.85 mts, se recomienda el uso de controles de temperatura tipo palanca. La tubería para suministro o salida de agua expuesta, deberá aislarse para prevenir quemaduras o raspaduras.

En la escuela no se tiene tubería de agua caliente por lo que no beben presentarse problemas por quemaduras. Los lavatorios tienen un mueble en concreto a 0,8m sobre el piso, y cuentan con el espacio requerido debajo para acomodar el apoya pie de la silla de

ruedas y los dispositivos son una llave de chorro tipo rosca y no tipo palanca, tal y como se muestra en la figura 3.7.



**Figura 3.7.** Lavatorios

### 3.1.13 Duchas

El tamaño mínimo de la ducha para silla de ruedas es de 1.20 x 1.20 m, incluyendo una apertura mínima de 1.00 m para el acceso. Los pisos de las duchas deberán ser de material antiderrapante.

En la escuela se cuenta con una ducha, la cual es usada únicamente por los misceláneos, aunque si cuenta con una puerta de 1,0m de ancho y el piso es en cerámica antiderrapante.

### 3.1.14 Pendientes

Las especificaciones para las pendientes, serán:

Del 10 al 12%	En tramos menores a 3 metros
Del 8 al 10%	En tramos de 3 a 10 metros
Del 6 al 8%	En tramos mayores de 10 metros

Esto no se cumple en algunos casos, ya que existe una rampa de concreto al lado de las gradas que tiene una pendiente superior al 12% y presentan daños en los accesos, esto impide un adecuado uso de éstas y se necesitaría la ayuda de otras personas para poder hacer uso de estas rampas, esto se muestra en la figura 3.8.



**Figura 3.8.** Ejemplo de rampas de acceso

### **3.1.15 Pasamanos**

Los pasamanos de las escaleras deben continuarse por lo menos 0.45 m al inicio y final de la escalera y si hay descanso deben ser continuadas por éste. Los pasamanos deben contar con una señal en Braille que indique el número de piso. En ningún caso los pasamanos deberán presentar elementos extraños, tales como plantas naturales o artificiales, adornos, accesorios u otros objetos propios de las festividades. En la escuela se tienen 2 sectores donde hay escaleras y en ninguno de los casos se cuenta con pasamanos como se puede apreciar en la figura 3.9.



**Figura 3.9.** Rampas y gradas sin pasamanos

### **3.1.16 Escaleras**

Las escaleras deberán presentar un diseño adecuado: huella de 0.30 m y contrahuella de 0.14 m máximo. Pasamanos en todos los tramos a 0.90 m de altura.

Como se puede observar en la figura 3.9 las gradas son muy pronunciadas, las huellas son de 28cm y la contrahuella es de 19cm, por lo que no cumplen con este requisito.

### **3.1.17 Pisos antiderrapantes**

Los pisos de las escaleras serán en materiales antiderrapantes. Lo mismo en accesos principales, pasillos y en sitios que se encuentren desprotegidos de la lluvia.

Todos los pasillos de la escuela son en terrazo y algunos pasillos exteriores son en concreto, lo cual hace que no sean antiderrapantes.



**Figura 3.10.** Pasillo exterior en concreto

### **3.1.18 Contraste en la coloración**

Para facilitar la movilidad de las personas con deficiencia visual se utilizará contraste en los colores de las escaleras, marcos de puertas y similares.

Las escaleras tienen el mismo tipo de piso que el resto de los pasillos y los marcos de las puertas tienen el mismo color de pintura que las paredes.

### **3.1.19 Iluminación artificial**

La iluminación artificial será de buena calidad aún en pasillos y escaleras, mínimo 300 lúmenes.

### **3.1.20 Barandas de seguridad**

Los pisos intermedios, balcones o que sean transitables y que se encuentren a 0.40 m o más del nivel de piso inferior, deberán ser protegidos por barandas de seguridad, cuya barra superior no podrá estar a más de 0.90 m. desde el nivel del piso, con una intermedia a 0.60 m y una barra inferior a 0.10 m del nivel de pavimento. Este llevará textura al acercarse al borde como prevención para las personas ciegas o con deficiencia visual. En la institución no se cuenta con barandas de seguridad.

### 3.1.21 Pasillos

Los pasillos generales y los de uso común, deberán tener un ancho mínimo de 1.20 m. y los pasillos interiores tendrán un ancho mínimo de 0.90 m. Esto se cumple en todos los pasillos de la institución, los cuales tienen un ancho superior a los 2,0m.

### 3.1.22 Servicios sanitarios

En las áreas de servicios sanitarios, por lo menos un cubículo de cada clase (inodoro, orinal, ducha) tendrán puerta de 0.90 m. que abra hacia afuera. Agarraderas corridas a 0.90 m de alto en sus costados libres.

Los inodoros se instalarán recargados a un lado de la pared de fondo:

Profundidad mínima: 2.25 m, ancho mínimo: 1.55 m.

En las baterías de baños no se cuenta con ninguna puerta de estas dimensiones (el ancho es de 0,72m) y además abren hacia adentro, además no se tienen agarraderas, los espacios tienen una profundidad de 1,60m y el ancho es de 0,84m y los inodoros se encuentran centrados en la pared del fondo, como se muestra en la figura 3.11.



**Figura 3.11.** Inodoro colocado al centro y sin agarraderas

Se tiene habilitado un servicio sanitario para personas con discapacidad, el cual si cumple con la normativa, tiene una puerta de 1,0m que abre hacia afuera, el inodoro se encuentra

recostado sobre un lado de la pared del fondo, cuenta con el espacio requerido para la movilidad de una silla de ruedas y tiene agarraderas corridas en acero inoxidable a 90cm de altura.

### **3.1.23 Inodoros, duchas y accesorios**

Cuando los inodoros se instalen centrados en la pared de fondo, tendrán las siguientes medidas:

Profundidad mínima 2.25 m, ancho mínimo 2.25 m.

Los cubículos para ducha tendrán:

Profundidad mínima: 1.75 m, ancho mínimo: 1.50 m.

Accesorios como: toalleras, papeleras, pañeras y agarraderas, se instalarán a una altura máxima de 0.90 mts.

Los espejos se instalarán a una altura máxima de su borde inferior de 0.80 m.

Los lavatorios se instalarán a una altura máxima de 0.80 mts.

En la escuela se cuenta con una ducha la cual es usada únicamente por el personal de limpieza, y únicamente se tiene un espejo ubicado en el servicio sanitario para discapacitados que está a 80 cm de altura.

### **3.1.24 Dispositivos**

Todos los dispositivos como contactos, apagadores eléctricos, picaportes, de alarma, de control de temperatura o de cualquier otra índole de uso general, incluyendo timbres tendrán una altura de instalación entre 0.90 m y 1.20 m.

Todos los dispositivos que se tienen en la escuela cumplen con el rango de altura establecida.

### **3.1.25 Cerraduras**

Las cerraduras de ventanas y puertas se instalarán a una altura máxima de 0.90 m. y se evitarán aquellas que necesiten la utilización de ambas manos para accionarlas.

Las cerraduras de las puertas de las aulas son llavines corrientes que se encuentran a 0,87m y las puertas de los baños son picaportes que se encuentran a 0,83m, ambos dispositivos son manipulables con una sola mano para poder abrirlos.

### **3.1.26 Mesas, mostradores y ventanillas**

Las mesas o mostradores para firmar o escribir tendrán una altura de 0.80 m. Sea igual para biblioteca, comedor, etc. Las ventanillas de atención al público tendrán una altura de 0.90 m sobre el nivel de piso terminado. Las mesas del comedor estudiantil y la biblioteca tienen una altura de 78 cm, por lo que cumplen con este requisito.

### **3.1.27 Estantes**

Las estanterías irán separados del suelo 0.30 m. para permitir que el apoyo pie de la silla de ruedas pase por debajo al acercarse y la altura máxima de 1.30 m. Como se mencionó anteriormente este requisito no se cumple en su totalidad en el área del comedor, aunque si se cumple con los estantes de la biblioteca.

### **3.1.28 Entradas a edificios**

Del total de las entradas utilizadas por el público en cualquier edificio, al menos una de ellas estará a nivel o el cambio de nivel será salvado por ascensor o rampa, con la pendiente indicada en la sección 3.1.14. Solamente se tiene una entrada para el público la cual se encuentra a nivel y como se mencionó anteriormente las rampas existentes en los cambios de niveles no cumplen con las especificaciones de este reglamento.



## **Capítulo 4. Análisis de resultados**

### **4.1 Riesgo de incendio**

Analizando el riesgo de incendio con el método de MESERI, se observa en el Cuadro 2.64 que todas las edificaciones tienen un riesgo calificado como malo, es decir, existe un riesgo considerable en caso de que ocurriera un incendio, por esto es necesario hacer modificaciones en algunos factores para obtener una buena calificación del riesgo.

Si se toman en cuenta los factores generadores o agravantes que se evalúan en este método, se observa que éstos no son los causantes del problema, ya que son edificaciones de una sola planta, tienen un sistema constructivo resistente al fuego (uso de mampostería y paneles de concreto prefabricado) exceptuando los cielos que son en láminas de plywood, otro aspecto importante es que la ubicación de la escuela permite la llegada de los cuerpos de bomberos en menos de 5min y la accesibilidad a los diferentes pabellones es adecuada, además por tratarse de una escuela, el uso que se le da a las edificaciones y el mobiliario que se tiene dentro de éstas no representan un riesgo potencial de incendio, por lo que estos factores tienen una buena calificación dentro del método.

Por el contrario, si se toman en cuenta los factores de protección/reducción, se observa como la carencia de estos factores son los que influyen directamente en el resultado negativo del valor del riesgo por el método MESERI. Por este motivo y tomando en cuenta el costo de implementar dichas mejoras en la escuela se proponen las siguientes alternativas que ayudan en gran medida a reducir el riesgo de incendio y su costo de implementación es relativamente bajo en comparación con otros dispositivos.

- Utilizar un extintor portátil para cada pabellón, el cual se debe ubicar en un sitio de fácil acceso y a una distancia accesible desde cualquier punto del pabellón. Además se deben mantener fijos un extintor en el comedor que contemple fuegos clase K y otro en el laboratorio de cómputo que contemple fuegos clase C.
- Implementar un sistema de detectores de humo, los cuales mediante una alarma informen de la posible ocurrencia de fuego en cualquiera de los pabellones, esto principalmente para la jornada nocturna o días no laborales en las que solo se cuenta con un guarda, ya que

durante los días laborales serían los mismos ocupantes de las instalaciones los que detectarían el humo e intervendrían.

- Contar con un protocolo de incendio actualizado, con el cual mediante la capacitación del personal administrativo, docente y misceláneo, y realizando simulacros ocasionales con diferentes escenarios se permita un adecuado desalojo de las instalaciones hacia las zonas seguras en un caso real de incendio.

Adoptando estas nuevas medidas, se tendrían los siguientes resultados:

**Cuadro 4.1** Resultados del método MESERI con medidas implementadas

<b>Edificio</b>	<b>Valor del riesgo</b>	<b>Calificación del riesgo</b>
Pabellón 1	5,90	Bueno
Pabellón 2	6,02	Bueno
Pabellón 3	5,90	Bueno
Pabellón 4	5,90	Bueno
Gimnasio	6,14	Bueno

Fuente: El autor

Como se puede observar en el las medidas, se obtiene un resultado satisfactorio por el método de MESERI ya que el valor del riesgo de incendio en las edificaciones se considera como bueno.

Es importante recordar que el método de MESERI hace un análisis estrictamente cualitativo de las edificaciones, debido a los factores que toma en cuenta, y depende mucho de la experiencia del evaluador para una correcta valoración, en cambio, el método Gretener realiza un análisis más cuantitativo, debido a los elementos y factores que considera, los cuales son más representativos del estado de la edificación, por lo que se puede considerar que este método es el que mejor define el riesgo de incendio de la escuela.

La evaluación por medio del método de Gretener da resultados más alentadores, ya que como se observa en el Cuadro 2.105 la calificación del riesgo es suficiente en el pabellón 1 y bueno para el resto de las edificaciones, es decir, el riesgo aceptado es mayor que el riesgo efectivo, lo que indicaría que no hace falta hacer modificaciones en la escuela, sin embargo, evaluando el riesgo por el método de Gretener con las modificaciones propuestas se obtienen mejores resultados, tal y como se muestra a continuación:

**Cuadro 4.2** Resumen de factores y peligro potencial con mejoras implementadas.

Edificio/Factor	P <sub>CO</sub>				P <sub>CE</sub>			P
	q	c	r	k	i	e	g	
Pabellón 1	1,3	1	1	1	1	1	0,6	0,78
Pabellón 2	1,1	1	1	1	1	1	0,4	0,44
Pabellón 3	1,1	1	1	1	1	1	0,4	0,44
Pabellón 4	1,3	1	1	1	1	1	0,4	0,52
Gimnasio	1,1	1	1	1	1	1	0,5	0,55

Fuente: El autor

**Cuadro 4.3** Resumen de medidas de protección con mejoras implementadas.

Edificio/Factor	N					S						F				M
	n1	n2	n3	n4	n5	s1	s2	s3	s4	s5	s6	f1	f2	f3	f4	
Pabellón 1	1	1	0,5	0,95	1	1,1	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1,15	1	1	1,07
Pabellón 2	1	1	0,5	0,9	1	1,1	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1,15	1	1	1,01
Pabellón 3	1	1	0,5	0,9	1	1,1	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1,15	1	1	1,01
Pabellón 4	1	1	0,5	0,9	1	1,1	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1,15	1	1	1,01
Gimnasio	1	1	0,6	0,95	1	1,1	1,05	1,3	1	1	1	1,3	1	1	1	1,11

Fuente: El autor

**Cuadro 4.2** Resultados obtenidos con mejoras implementadas.

Edificio / Factor	P	M	B	A	R	P <sub>H,E</sub>	Ru	$\gamma$	Calificación
Pabellón 1	0,78	1,07	0,73	1	0,73	1	1,30	1,78	Bueno
Pabellón 2	0,44	1,01	0,44	1	0,44	1	1,30	2,98	Bueno
Pabellón 3	0,44	1,01	0,44	1	0,44	1	1,30	2,98	Bueno
Pabellón 4	0,52	1,01	0,51	1	0,51	1	1,30	2,53	Bueno
Gimnasio	0,55	1,11	0,49	1	0,49	1	1,30	2,63	Bueno

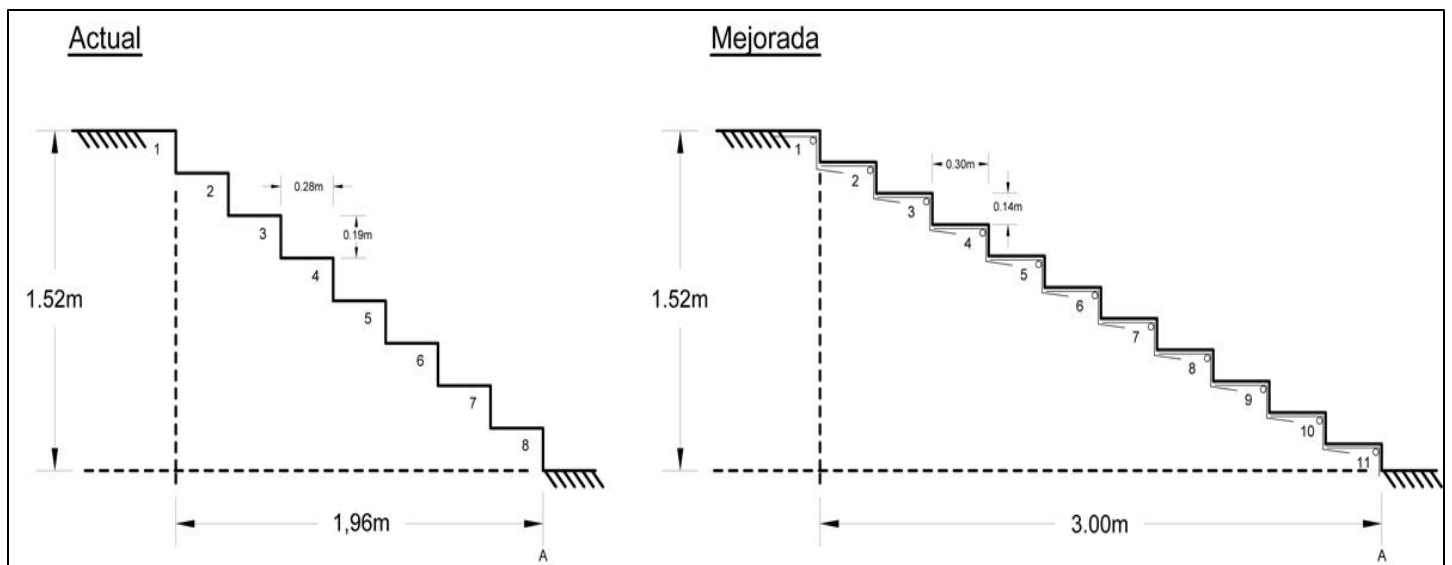
Fuente: El autor

Como se puede observar, aplicando estas modificaciones en las instalaciones de la escuela, se obtiene un resultado considerado como bueno para ambos métodos, lo que implicaría que las instalaciones son seguras en caso de ocurrir un incendio.

## 4.2 Adecuación a la Ley 7600

En el capítulo 3 se detallan los requerimientos del acceso al espacio físico según el reglamento a la Ley 7600 y las condiciones que presentan las instalaciones de la escuela respecto a esta legislación. Entre las principales modificaciones que se deben realizar para que la institución cumpla con dicho reglamento se encuentran:

- Modificar las gradas que existen en la escuela, ya que como se mencionó anteriormente son muy pronunciadas, además no cuentan con pasamanos y el material del piso no es antiderrapante, por lo que en caso de ocurrir un siniestro éstas podrían ser un factor muy peligroso en la movilización de los estudiantes y provocar caídas. Ver Figura 4.1 y 4.2.

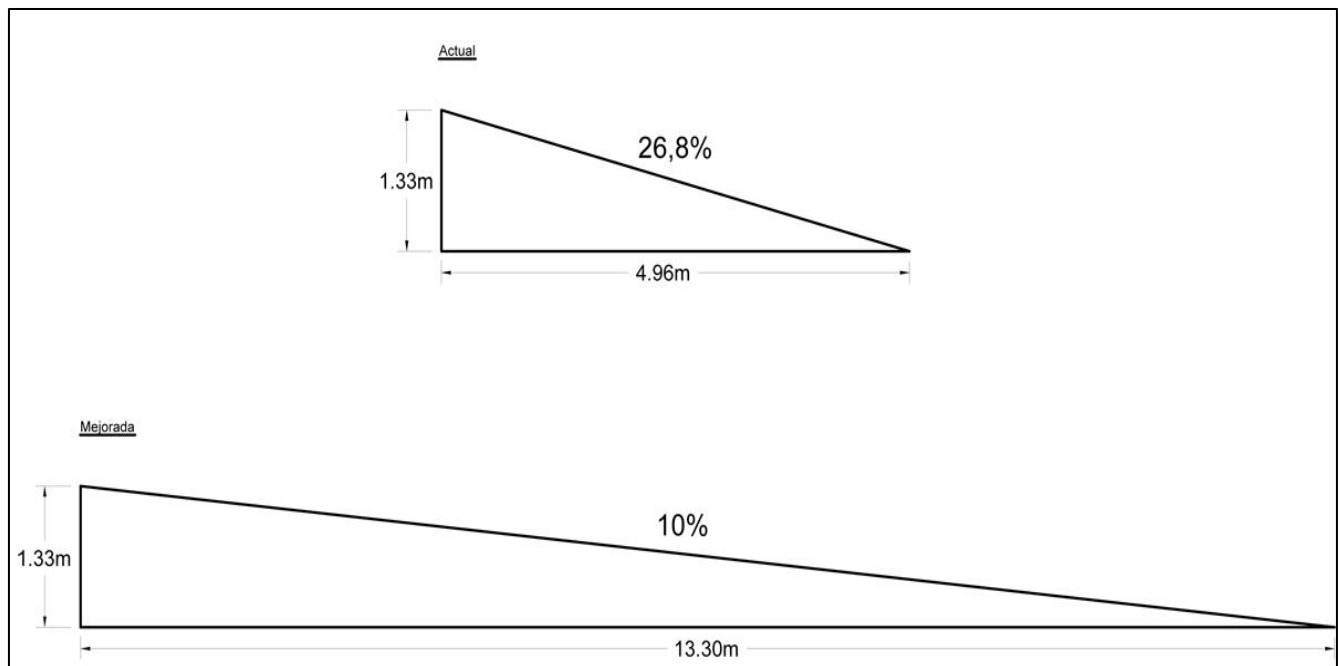


**Figura 4.1.** Modificaciones necesarias en escaleras para cumplir con la Ley 7600.

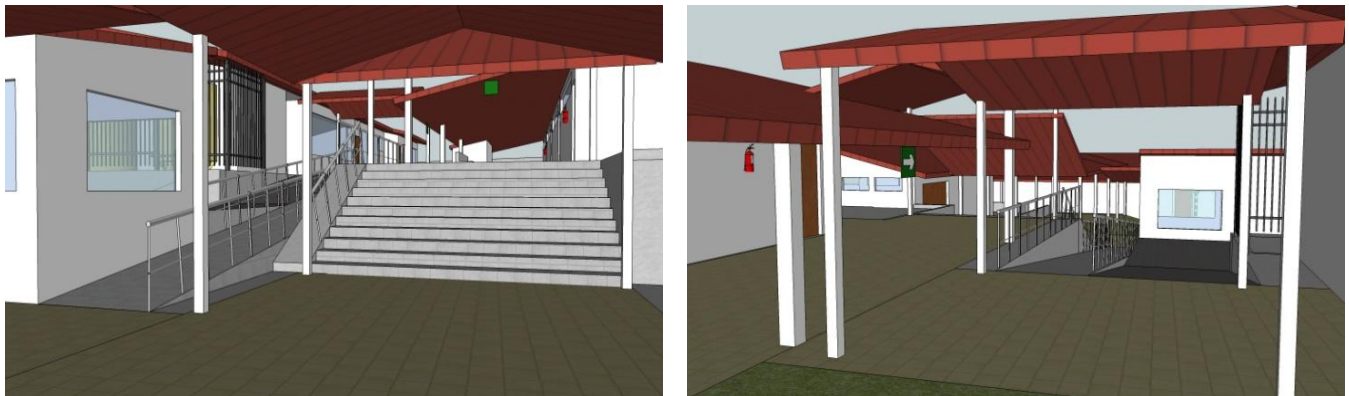


**Figura 4.2.** Vista de las gradas con las modificaciones necesarias para cumplir con la Ley 7600.

- Se debe suavizar la pendiente de la rampa que comunica el pabellón 1 con los otros tres pabellones, alcanzando como mínimo una pendiente del 10%, esto se puede lograr fácilmente ya que se cuenta con el espacio suficiente para ampliar la longitud de la rampa y con esto minimizar la pendiente. Además es importante mencionar que esta rampa al estar expuesta a la lluvia, es muy importante que cuente con un material antiderrapante, por lo que se recomienda el uso de pintura anti hongos y antideslizante, así como la colocación de barandas de seguridad en esta rampa. Ver Figura 4.3 y 4.4.



**Figura 4.3.** Modificación en pendiente de rampa para cumplir con la Ley 7600.



**Figura 4.4.** Vista inferior y superior de la rampa de acceso con las modificaciones para cumplir con la Ley 7600

- Las puertas de las aulas y de la entrada a los baños aunque cumplen con el ancho establecido, abren hacia adentro, sin embargo, si abrieran hacia afuera obstaculizarían los pasillos en caso de una emergencia, por lo que no es recomendable cambiar esto, eso sí, durante la jornada estudiantil, es muy importante que la puerta principal del aula se mantenga abierta para evitar congestionamientos y lograr una rápida evacuación de los estudiantes.

- Se deberá ampliar el sócalo de las ventanas que dan hacia los patios para cumplir con los 82,5 cm máximo pues ahora cuentan con un sócalo de 1,1m de altura.

- Resaltar con otro color de pintura los marcos de las puertas, esto con el fin de facilitar la movilización de personas con deficiencias visuales, así como también se deben resaltar ya sea con pintura o colocando otro tipo de piso en las gradas, ya que actualmente no se aprecian debido a que tienen el mismo tipo de piso que el resto de los pasillos.

Para poder implementar todas estas mejoras en las instalaciones de la escuela, tanto para reducir el riesgo de incendio como para adecuar las instalaciones para cumplir con la Ley 7600, es necesario contar con un costo aproximado de cada mejora, para que así las autoridades de dicha institución vayan realizando los trámites necesarios para conseguir el presupuesto para implementarlas. En el Anexo V. Presupuesto estimado de mejoras, se detalla el costo de implementar cada una de las mejoras en orden de prioridad, sin embargo, es necesario realizar todas y cada una de las modificaciones para lograr así que la edificación sea segura para los ocupantes.

## **Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

En este proyecto se utilizó una de las principales herramientas para diagnosticar el estado de las edificaciones en cuanto al riesgo de incendio, los cuales son los métodos de MESERI y Gretener, con los cuales se puede tener una visión tanto global como particular del riesgo presente, para luego poder tomar con criterio las mejores soluciones para disminuir este riesgo y aumentar la seguridad de las instalaciones, y lo más importante darles seguridad a los ocupantes de las mismas.

Por el método de MESERI se obtuvieron resultados negativos en cuanto al riesgo de incendio para todos los pabellones de la escuela, esto se debe principalmente a los factores que considera este método, ya que únicamente permiten una evaluación cualitativa de las instalaciones. Como se pudo observar, son la falta de factores de protección los que ocasionan estos resultados, ya que si se toman en cuenta los factores generadores o agravantes de las edificaciones como materiales de construcción utilizados, carga de incendio, uso de las instalaciones, entre otros aspectos, se observa que éstos tienen una calificación buena.

Si analizamos los resultados obtenidos por el método de Gretener, se observa que los resultados son mucho más alentadores que por el método MESERI, es decir, se tiene una calificación del riesgo considerada como buena, esto se debe primordialmente a la evaluación global o cuantitativa que hace de las instalaciones. Este método toma en cuenta no solamente los factores propios de la edificación, sino que realiza un análisis más a fondo de las implicaciones y factores que pueden intervenir en caso de incendio, y depende mucho de la capacidad del evaluador para poder determinar el estado de las instalaciones, y de las medidas que considere necesarias para disminuir el riesgo de incendio.

Si se toma en cuenta el análisis que hace cada método de las instalaciones, se puede concluir que ambos métodos se complementan, es decir, es recomendable la aplicación de los dos para poder determinar con mayor seguridad el riesgo de incendio presente en una



edificación. El método MESERI brinda resultados cualitativos y puntuales del estado de las instalaciones, mientras que el método Gretener da resultados cuantitativos más globales.

En este caso, al tratarse de una escuela, donde hay cientos de niños que la visitan diariamente, es muy importante tener presente las implicaciones y repercusiones que puede traer un incendio. Si se toma en cuenta que son niños, el peligro de ignición del fuego está siempre presente, ya que muchas veces por ignorancia o por simplemente cometer una travesura se puede generar un incendio; este factor no se puede controlar por completo, lo que sí se puede hacer es tratar de disminuir este riesgo tomando las medidas de protección consideradas en estos métodos.

Otro aspecto importante es que la ubicación de la escuela es privilegiada, ya que se encuentra en una zona donde hay un hidrante en buen estado que provee un caudal suficiente para mitigar un incendio, y la accesibilidad a la institución hace que los cuerpos de bomberos pueden llegar a las instalaciones en menos de cinco minutos, lo que ayuda a una pronta intervención.

Se pudo observar que es necesario la implementación de extintores portátiles suficientes, detectores de humo para la jornada nocturna y no laboral, y la implementación de un protocolo de incendio actualizado para que así el personal de la escuela pueda realizar una pronta intervención para poder apagar el fuego apenas esté iniciando, lo que ayudaría en gran medida a la prevención de un incendio.

La señalización de evacuación en toda la edificación es nula, y debido a que se trata de instalaciones tipo pabellones, son varias rutas que se pueden utilizar en caso de un incendio, por lo que es necesario una adecuada señalización para la evacuación de los estudiantes hacia las zonas seguras (Ver Figuras AVI.2 y AVII.10), esto con el fin de guiarlos y movilizarlos más fácilmente. Además esta adecuada señalización no solamente es útil en caso de incendio, sino también en caso de otras emergencias como sismos, entre otros.

En cuanto al tema del riesgo de incendio en la escuela, se concluye que las edificaciones no cumplen actualmente con los requerimientos en cuanto a prevención y protección contra incendios, pero como se mencionó anteriormente, son pocos los cambios que se requieren implementar para que las edificaciones tengan una calificación de riesgo considerado como bueno, y considerando que las mejoras propuestas en este trabajo se implementarán lo antes

posible, se reduciría el riesgo de incendio en gran magnitud, tal y como se observa en el análisis de resultados.

En cuanto a los requerimientos del acceso al espacio físico de la Ley 7600, aunque en los últimos años se han realizado mejoras, se concluye que aún es necesario implementar ciertas modificaciones para cumplir con dicha ley, principalmente la adecuación de las gradas y la rampa de acceso a los pabellones superiores, ya que estos medios son fundamentales para permitir una adecuada movilización de los estudiantes. Considerando que se van a implementar las soluciones propuestas en el capítulo anterior, las instalaciones quedarían completamente adecuadas para personas con discapacidad.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda la instalación de extintores portátiles, tal y como se describe a continuación: Pabellón 1: 1 de 10lb en el pasillo de las aulas y 1 de 10lb para las aulas posteriores y la bodega, ya que en este pabellón se cuenta con dos extintores de 5lb de CO<sub>2</sub> para el laboratorio de informática y otro igual en la dirección. Pabellón 2: 1 de 10lb ubicado en el pasillo que comunica las aulas. Pabellón 3: 1 de 10lb ubicado en el pasillo. Pabellón 4: 1 de 10lb que contemple fuegos clase K en el comedor. Gimnasio: 1 de 10lb. Todos los extintores serán para fuego clase ABC y usarán como agente extintor polvo químico multiuso, a excepción de los que se ubican en el laboratorio de cómputo, el cual debe ser de dióxido de carbono para evitar el daño de las computadoras. Es importante recordar todas las medidas de inspección y mantenimiento detalladas en el Anexo IV y además dar capacitaciones acerca de su uso al personal de la escuela. La distribución recomendada de los extintores portátiles se muestra en la figura AVI.1 del Anexo VI.

Se recomienda implementar el protocolo de incendio (Ver Anexo VI) y capacitar a los usuarios sobre el debido procedimiento a seguir en caso de existir un siniestro. También se recomienda imprimir en formato de gran escala la ruta de evacuación y la zona de seguridad para varios escenarios de incendio en las instalaciones de la escuela (ver anexo VI), la cual se debe colocar en lugares visibles como pasillos y pizarras, para que así los estudiantes y el personal docente y administrativo tengan presente que hacer en caso de incendio.

Como se mencionó en el capítulo 4, se debe instalar un sistema de detección de humo con central de alarma, ya que para este tipo de edificaciones no se puede perder tiempo en un conato de incendio y detectarlo a tiempo es fundamental para poder intervenir con extintores portátiles y así evitar que se genere un incendio, todo con el fin primordial de prevenir la pérdida de vidas humanas y daños a las edificaciones y sus recursos.

Es necesario implementar una rampa que permita establecer una conexión fluida entre el pabellón donde se encuentra la sala de cómputo y el callejón de acceso que lleva hasta el comedor, esto con el fin de utilizar esta ruta como una posible ruta de evacuación en caso de emergencia.

El director de la escuela deberá realizar los trámites necesarios para implementar simulacros en conjunto con el Cuerpo de Bomberos al menos una vez al año, ya que con este hecho los estudiantes y personal de la escuela tendrán más presente el protocolo a seguir durante una emergencia real y las medidas de seguridad a tomar.

Incorporar las modificaciones necesarias mencionadas en el capítulo anterior para el cumplimiento del reglamento de la Ley 7600, como la adecuación de las gradas y la rampa de acceso para que cumplan con las dimensiones establecidas en dicho reglamento. En cuanto a estas modificaciones es necesario implementarlas lo antes posible, ya que son el principal acceso a los pabellones superiores, y son primordiales en la ruta de evacuación de los mismos, por lo que tanto las gradas como la rampa deben ser seguras y permitir una adecuada movilización de los estudiantes.

Debido a que en las instalaciones de la escuela ocasionalmente se realizan reuniones en la noche, es necesario cumplir con la iluminación requerida por el apartado 2.1.3.1 Iluminación de emergencia, la cual debe ser adecuada para poder actuar y movilizarse durante una emergencia. Esta iluminación debe de estar dispuesta de manera que resalte la ruta de evacuación y las salidas tanto normales como de emergencia.

Además si se toma en cuenta la ampliación del zócalo de las ventanas para cumplir con los 82,5 cm de máximo pues ahora no se cumple con este requisito, sería necesario realizar un análisis estructural de cada pabellón para poder diseñar estos cambios, y aparte de que esto queda fuera del alcance del proyecto, las ventanas son únicamente para la iluminación y

ventilación de las aulas, ya que más bien si las ventanas estuvieran a esta altura recomendada podrían ser una distracción para los alumnos.

En caso de no contar con el presupuesto para la totalidad de las mejoras al mismo tiempo, se recomienda ir adecuando paulatinamente la institución para la seguridad de sus ocupantes, para lo cual se puede definir la siguiente lista de prioridades (Ver Anexo V Presupuesto de mejoras):

- 1) Colocación de extintores portátiles en cada pabellón.
- 2) Adecuación de las gradas y rampas de acceso.
- 3) Contar con un protocolo de incendio actualizado.
- 4) Colocar detectores de humo con central de alarma.
- 5) Colocar luces de emergencia en cada aula y en pasillos principales.
- 6) Pintar los marcos de las puertas de un color que contraste con el resto de la pared.

Es importante recalcar que aunque se definió esta lista de prioridades, todas y cada una de estas mejoras son necesarias realizarlas lo antes posible para la seguridad de toda la población del centro educativo.

Es necesaria la formación de un comité de seguridad que vele por la seguridad de las instalaciones y sus ocupantes en caso de emergencia, para que así se tenga un mayor orden y se logre un menor tiempo de intervención en caso de evacuación. Este comité y sus funciones se detallan en el Anexo VI Protocolo de incendio.

Se debe solicitar en el cuerpo de bomberos de Palmares que realicen los trámites necesarios para habilitar el hidrante que está casi al frente de la escuela, puesto que aunque hay otro hidrante cercano en funcionamiento, ésta sería la principal y más cercana fuente de agua para combatir un incendio.

En caso de que se requieran realizar mejoras o remodelaciones en la escuela, se recomienda que se utilicen materiales incombustibles o resistentes al fuego. Por ejemplo, si se van a cambiar los cielos de las instalaciones, se recomienda que el material utilizado sean láminas de fibrocemento tipo Fibrolit o Gypsum, no se recomienda tablilla de PVC que actualmente es

muy utilizada, las cerchas deberán ser en RT en lugar de madera, el sistema constructivo de las paredes deberá ser de concreto, ya sea mampostería o paneles de concreto prefabricado.

Es importante tomar en cuenta las edificaciones colindantes a la escuela, que aunque no se consideraron dentro del alcance de este proyecto, podrían significar un riesgo para las instalaciones de la institución. Dentro de los colindantes se encuentran: una casa de habitación y un lote baldío al Oeste, una casa de habitación con un local comercial usado como librería al Este, al Norte se tienen terrenos del Estado que pertenecen al derecho de vía de la carretera interamericana, y al Sur se tiene la calle pública de acceso a la institución. Como se puede observar, la escuela se encuentra ubicada en una zona mayoritariamente residencial, por lo que el riesgo que puede presentar la escuela debido a estos agentes externos es baja, además de que se cuenta con tapias de bloques de concreto de 2,4m de altura en todo el lindero Este, y tapias prefabricadas en el lindero Oeste, lo que ayudaría a contener el fuego en caso de un incendio en estos lugares. Sin embargo, en caso de que en el futuro se construyan edificaciones en la vecindad, se debe realizar una evaluación para determinar el efecto que éstas pueden provocar a las instalaciones de la escuela.

## **Referencias Bibliográficas**

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (1996). Ley 7600. Ley de igualdad de oportunidades para personas con discapacidad. Costa Rica.

Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego NFPA. (2000) Código de Seguridad Humana. NFPA 101. Edición 2000.

Calvo Castillo, María G. (2003). Evaluación del Riesgo por Incendio de la Escuela de Computación de la Universidad de Costa Rica. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Castro Morales, Edward. (2008). Propuesta de modificación al reglamento a la ley 7600 de Costa Rica. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Chavarría Madrigal, Cynthia. (2007). Propuesta para reducir el riesgo de incendio en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Cheung Chan, Joseph Anthony. (2005). Diagnóstico de incendio del sector noreste de la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Fernández Avilés, Max Daniel. (2009). Plan piloto para el mejoramiento de la accesibilidad a personas con discapacidad en áreas de uso público en Barrio Escalante. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Fonseca Bolaños, Mauricio. (2007). Evaluación del riesgo por incendio de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Costa Rica. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Instituto Nacional de Seguros (INS). (2007). Manual de disposiciones técnicas generales sobre seguridad humana y protección contra incendios versión 2010. Costa Rica.

Instituto Nacional de Seguros (INS), **"Evaluación del Riesgo de incendio, Método Gretener"**.

Instituto Nacional de Seguros (INS), **"Evaluación del Riesgo de incendio, Método MESERI"**.

Orozco Campos, Gerardo. (2008) Alternativas Constructivas de Solución a Riesgos por Incendio en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

**Rivero M. Servio K. "Conceptos de extintores". Supervisor Seguridad Industrial, Acreditado por AFIRO.**

Rony Rojas, Luz M. (2007). Plan de acciones correctivas y soluciones a riesgo por incendio en la Escuela de Biología en la Sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Sáenz Jiménez, Wendoly. (2004). Evaluación del riesgo por incendio y propuesta de mejoras de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Sancho Oconitrillo, Douglas Alberto. (2010). Evaluación del riesgo de incendio del Centro diurno de ancianos de Hatillo y San Sebastián y proposición de las modificaciones a la edificación para el cumplimiento de la Ley 7600. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Ureña Ureña, Luis Ricardo. (2007). Accesibilidad universal en las escuelas Buenaventura Corrales y Pilar Jiménez. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

Villalta Valdelomar, Ricardo. (2009) Evaluación de riesgo de incendio y proposición de soluciones en las instalaciones del Colegio Vocacional Monseñor Sanabria. Proyecto Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica.

## **Anexo I. Cargas térmicas**

**Cuadro AI-1.** Cargas térmicas (Uso almacenamiento)

<b>Producto</b>	<b>Mcal/m2</b>	<b>Producto</b>	<b>Mcal/m2</b>	<b>Producto</b>	<b>Mcal/m2</b>
Accesorios autom3viles	80	Celuloide	800	Libros	500
Acumuladores	200	Cemento	5	Lino	300
Algod3n en bolas	300	Ceras	800	Maquinaria Agr3cola	60
Alimentos	200	Cereales en sacos	1600	Materiales de construcci3n	150
Almac3n general	100	Cereales en silos	3200	Medicamentos	80
Aparatos el3ctricos	80	Colas (pegado)	800	Muebles	200
Electrodom3sticos	160	Colchones	120	Objetos de prod. sint.	200
Aparatos el3ctricos	60	Cosm3ticos	120	Papel en bobines	2500
Az3car	2000	Cuero (objetos)	200	Papel en l3minas	2000
Barnices	500	Cuero sint3tico (objetos)	200	Pirotecnia	200
Cable el3ct (bobines madera)	150	Espuma en bloque de pl3sticos	300	Qu3micos en general	300
Cable el3ctrico	60	Grasas	4500	Ray3n	400
Caf3 Verde	700	Gueta	250	Tabaco elaborado	500
Calzado	100	Harina en sacos	2000	Tabaco rama	400
Carb3n	100	Harina en silos	3800	Tapices y moquetas	400
Cart3n	2500	Jab3n	1000	Tintas de imprenta	400
Caucho (bloques)	6800	Juguetes	200	Veh3culos turismo	80
Caucho (objetos)	1200	Lana	450	Vestidos	80

Fuente: Cheung, 2006



**Cuadro AI-2.** Cargas térmicas (Usos fabriles)

<b>Producto</b>	<b>Mcal/m2</b>	<b>Producto</b>	<b>Mcal/m2</b>	<b>Producto</b>	<b>Mcal/m2</b>
Acumuladores	100	Colchones	800	Madera (carpintería)	180
Alimenticia	200	Conservas	5	Maquinaria agrícola	80
Aluminio	10	Cosméticos	800	Metalurgia	20
Armas	60	Cuero	1600	Muebles de madera	120
Aserradero	160	Destilería	3200	Neumáticos	160
Astilleros	150	Electrólisis	800	Papel	40
Automóviles	140-160	Electro masaje	120	Pintura	1000
Barnices	1200	Espumas sintéticas	200	Química	80
Bicicletas	40	Extracto de café	200	Radio y TV	80
Cables eléctricos	80	Farmacéuticos	300	Ropa y vestidos	120
Calzado	120	Fibras artificiales	4500	Sanitarios	30
Cartón	200	Fundición	250	Tabacos	60
Caucho	140	Géneros de punto	2000	Taller de automóviles	40
Celuloide	200	Grasas	3800	Tapices y moquetas	140
Cerámica	40	Hiladura	1000	Telefonía	100
Cervezas y bebidas	20	Imprenta	200	Tintas de imprenta	160
Chocolate	250	Juguetes metálicos	450	Vidrio	20
Colas (pegado)	300	Juguetes combustibles	2500		

Fuente: Cheung, 2006

**Cuadro AI-3.** Cargas térmicas (Usos comerciales)

<b>Producto</b>	<b>Mcal/m2</b>	<b>Producto</b>	<b>Mcal/m2</b>	<b>Producto</b>	<b>Mcal/m2</b>
Agencias de viajes	100	Escuela	60	Oficinas	180
Apartamentos	80	Estudio radio televisión	80	Papelería	200
Archivo	1000	Farmacia	150	Peletería	120
Asilo	80	Garaje	50	Peluquería	60
Banco (oficinas)	130	Gran Almacén	100	Restaurante	80
Biblioteca	400	Guardería infantil	80	Sala calderas	40
Cafetería – Bar	60	Hospital	80	Sala ordenador	100
Cine	80	Hotel	80	Taller mecánico	40
Comercio de alimentación	160	Iglesia	40	Teatro	80
Comercio electrodomésticos	100	Lavandería	120	Viviendas	80
Comercio de vestir	100	Librería	280		
Droguería	80	Museo	60		

Fuente: Cheung, 2006

## **Anexo II. Clasificación de materiales**

**Cuadro AII-1.** Clasificación de materiales según combustibilidad

<b>Clase</b>	<b>Definición</b>
M0	Incombustible
M1	No inflamables
M2	Difícilmente inflamables
M3	Mediadamente inflamables
M4	Fácilmente inflamables
M5	Altamente inflamables

Fuente: ITSEMAP. Fuego

**Cuadro AII-2.** Ejemplos de materiales M0

<b>Materiales M0</b>	
Hierro y todas sus variantes	Cemento
Aluminio	Concreto
Cobre	Amianto-cemento
Bronce	Arcilla y cerámicas
Latón	Lana mineral
Zinc	Fibra de vidrio
Plomo	Vidrio
Piedra natural en general	Yeso

Fuente: Soto, 2009

**Cuadro AII-3.** Ejemplos de materiales M1

<b>Materiales M1</b>	
Madera aglomerada ignifugada (clase especial)	Estratificados de melanina
Policloruro de vinilo rígido	Estratificados de urea-formol

Fuente: Soto, 2009

**Cuadro AII-4.** Ejemplos de materiales M2

<b>Materiales M2</b>	
Madera aglomerada ignifugada (clase normal)	Moquetas de lana (100%) (algunas pueden ser M3)
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (ciertas clases)	Poliolefinas ignifugadas (P.E. y P.P. principalmente)

Fuente: Soto, 2009

**Cuadro AII-5.** Ejemplos de materiales M3

<b>Materiales M3</b>	
Madera en listones y tablonces de espesor superior a 10 mm	Policloruro de vinilo (estratificados)
Madera aglomerada en espesores superiores a 14 mm	Copolimero ABS
Poliámidas	Moquetas de poliamida (algunas pueden ser M4)
Resinas epoxi reforzadas con base incombustible	

Fuente: Soto, 2009

**Cuadro AII-6.** Ejemplos de materiales M4

<b>Materiales M4</b>	
Madera aglomerada de espesores inferiores 14 mm	Tejidos de revestimiento mural y cortinajes de poliéster
Poliacetato de metilo	Moquetas acrílicas de pelo corto y basamento de yute

Fuente: Soto, 2009

**Cuadro AII-7.** Ejemplos de materiales M5

<b>Materiales M5</b>	
Tejidos de revestimiento	Espuma de poliuretano

Fuente: Soto, 2009

## **Anexo III. Resistencias al fuego**

**Cuadro AIII-1.** Resistencia al fuego de pisos y techos

<b>Materiales</b>	<b>Espesor mínimo en cm, para resistencia al fuego en horas</b>				
	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,75</b>
Placas de concreto reforzado, sin revestir.	16	14	10	7,5	-
Vigas de acero, bovedillas cerámicas capa de mortero de concreto.	4-15-2	3-15-2	2-10-1,5	1,5-10-1,5	-
Vigas de concreto prefabricadas, bovedillas cerámicas y capa de mortero.	4-15-2	3-15-2	2-10-1,5	1,5-10-1,5	-
Concreto sobre encofrado perdido de planchas de acero, revestidos en parte inferior con mortero de 12mm de espesor.	6-8-1,2	4-8-1,2	2-8-1,2	-	-
Vigas de acero, piso de concreto y cielo raso, con mortero de yeso de 25mm de espesor (d`) (valores de espesor de concreto d).	6,5	6	5	5	-
Placas de concreto y yeso, reforzadas con tela metálica y apoyadas en viguetas (utilizadas como cubierta).	-	-	5-1,5	4-1,5	-

Fuente: ITSEMAP. Fuego

**Cuadro AIII-2.** Resistencia al fuego de muros y tabiques

Construcción del muro	Espesor mínimo en cm, con exclusión del revestimiento, para resistencia al fuego en horas				
	4	3	2	1	0,75
Ladrillos cerámicos macizos, sin revestir	25	20	15	10	6
Ladrillos cerámicos macizos, revestidos en ambos lados con mortero de yeso o cemento de 1,5 cm de espesor	20	15	12	10	6
Ladrillos cerámicos huecos en menos del 30% de su volumen, sin revestir	-	-	-	15	10
Ladrillos cerámicos huecos en menos del 30% de su volumen, revestidos con mortero de yeso o cemento de 1,5 cm de espesor	-	20	15	10	7,5
Bloques de hormigón macizos, con árido de arcilla expandida, sin revestir	12	10	10	7,5	6
Bloques de hormigón macizos, con áridos de arcilla expandida, revestidos en ambos lados con mortero de yeso o cemento de 1,5 cm de espesor.	10	10	7,5	5	5
Bloques de hormigón huecos, con árido, de arcilla expandida, sin revestir	24	21,5	16,75	11,5	7,5
Bloques de hormigón huecos, con árido calizo o de escorias, sin revestir	26,75	22,75	18	12,25	10
Bloques de hormigón huecos, con árido silíceo sin revestir	30	26	20	13,75	12
Hormigón continuo, reforzado con armadura, de áridos arcillosos o de escoria, sin revestir	15	12,5	10	7,5	-
Hormigón continuo, reforzado con armadura, de áridos silíceos, sin revestir	17,5	12,5	10	7,5	-
Placas de yeso huecas sin revestir (no portantes)	-	-	12	7,5	-
Tablero de madera aglomerada, contrachapado (no portante)	-	-	-	-	17

Fuente: ITSEMAP. Fuego

**Cuadro AIII-3.** Resistencia al fuego de puertas

<b>Tipo de construcción de la puerta</b>	<b>Resistencia al fuego (min)</b>
Madera de roble, maciza, de 35mm de espesor	30
Chapa de madera con el alma de cartón hueco, de 35mm de espesor total	8
Chapa de hierro forjado de 5mm, reforzada con travesaños	60
Doble chapa de hierro forjado de 1,5mm con el alma rellena de aislante térmico incombustible, en espesor de 4cm y reforzada con travesaños	60
Doble chapa de hierro forjado, de 2mm con el alma rellena de aislante térmico incombustible, en espesor de 4cm y reforzada con travesaños	120
Doble chapa de hierro forjado, de 1,5mm con el alma ocupada por plancha de madera, en espesor de 5cm	60
Doble chapa ondulante de hierro de 1,5mm con cámara de aire superior de 15cm	60
Placa de concreto reforzado de 15cm de espesor	180

Fuente: ITSEMAP. Fuego

**Cuadro AIII-4.** Resistencia al fuego de muros de carga

<b>Espesor (cm)</b>	<b>Resistencia sin repello</b>	<b>Resistencia con repello</b>
10	RF-60	RF-90
15	RF-90	RF-120
20	RF-120	RF-180

Fuente: Sáez, 2004

## **Anexo IV. Extintores portátiles**

La normativa aplicable en este caso, es la NFPA 10 "Extintores Portátiles contra incendios", esta norma se encarga de dirigir todo lo respecto a los extintores portátiles, desde su selección, instalación, mantenimiento, entre otros.

Entre los principales requerimientos que indica esta norma se tiene lo siguiente:

Los extintores portátiles deberán estar siempre en un lugar con accesibilidad y disponibles para el momento del incendio.

Se debe tener presente el tipo de edificación para la selección de extintores, la cual depende directamente de la construcción, ocupación, condiciones del ambiente, temperatura y carácter de los incendios potenciales. De esta manera dependiendo de la clasificación del riesgo es así como se selecciona el tipo de extintor.

En cuanto a la correcta distribución de los extintores en la edificación, se pueden destacar que en el Cuadro AIV-1 y Cuadro AIV-2 se encuentran para cada piso, el área protegida y la distancia máxima a recorrer para cada extintor instalado.

Se clasifican los cuartos o áreas como de riesgo leve (bajo), riesgo ordinario (moderado), o riesgo extra (alto). Las áreas limitadas de mayor a menor riesgo deben ser protegidas como se requiera.

**Cuadro AIV-1.** Tamaño y localización de extintores para riesgos clase A.

	<b>Ocupación Riesgo Leve (bajo)</b>	<b>Ocupación Riesgo Ordinario (moderado)</b>	<b>Ocupación Riesgo Extra (alto)</b>
Clasificación mínima Extintor individual	2A	2A	2A
Área máxima por unidad de A	3.000 pies 280m	1.500 pies 140m	1.000 pies 93m
Área máxima cubierta por extintor	11.250 pies 1.045m	11.250 pies 1.045m	11.250 pies 1.045m
Distancia máxima a recorrer hasta el extintor.	75 pies 22.7m	75 pies 22.7m	75 pies 22.7m

Fuente: NFPA 10 "Extintores Portátiles contra incendios".

**Cuadro AIV-2.** Tamaño y localización de extintores para riesgos clase B.

	<b>Clasificación básica mínima del extintor</b>	<b>Distancia máxima a recorrer hasta el extintor</b>	
		(pies)	(m)
Leve (bajo)	5B	30	9,15
	10B	50	15,25
Ordinario (moderado)	10B	30	9,15
	20B	50	15,25
Extra (alto)	40B	30	9,15
	80B	50	15,25

Fuente: NFPA 10 "Extintores Portátiles contra incendios".

Realizando un resumen de requisitos básicos para calcular la necesidad de extintores portátiles en los edificios se tiene lo siguiente:

- Debe de haber un extintor en todo foco de calor en edificios públicos.
- Debe existir al menos un extintor por cada 150 m<sup>2</sup> en la zona.
- Debe haber 0,45 kg (1 lb) de agente extintor por cada 27 MJ/m<sup>2</sup> (6 Mcal/m<sup>2</sup>).
- Los extintores se modulan en unidades de 5 lb, 10 lb y 15 lb.
- El límite de capacidad práctico es de 15 lb debido a la capacidad de uso para cualquier persona.

El mantenimiento de los extintores deberá realizarse al menos una vez al año y en cada procedimiento debe de valorarse como mínimo aspectos importantes como las partes mecánicas, el agente extintor (extintores operados por cápsula o por cilindro de presión almacenada) y chorro cargado o con bomba. Se debe tener en cuenta que todos los extintores recargables deberán ser recargados luego de ser utilizados.

Según estas condiciones en la institución se tendría lo siguiente:



**Cuadro AIV-3.** Requerimiento por unidad de extintores portátiles de la edificación.

Edificio	Área (m <sup>2</sup> )	Requerimiento		Estado
		Necesarios	Existen	
Pabellón 1	868,7	6	4	Insuficiente
Pabellón 2	323,4	3	0	Insuficiente
Pabellón 3	232,9	2	0	Insuficiente
Pabellón 4	205,8	2	1	Insuficiente
Gimnasio	588,8	4	0	Insuficiente

Fuente: El autor

**Cuadro AIV-4.** Requerimiento por peso de extintores portátiles de la edificación.

Edificio	Carga (MJ/m <sup>2</sup> )	Requerimiento (lb)		Estado
		Necesarias	Existen	
Pabellón 1	509,9	19	25	Suficiente
Pabellón 2	252,0	10	0	Insuficiente
Pabellón 3	248,1	10	0	Insuficiente
Pabellón 4	404,6	15	15	Suficiente
Gimnasio	210,0	8	0	Insuficiente

Fuente: El autor

Para seleccionar el extintor apropiado, debemos primero recordar los diferentes tipos de fuegos:

- Los fuegos Clase A contienen materiales combustibles ordinarios, tales como madera, papel, tela, goma o ciertos tipos de plásticos. El enfriar el material por debajo de la temperatura de ignición y el remojar las fibras debe prevenir una nueva ignición. Se debe utilizar agua a presión, espuma o extintores con químico seco multi-uso. Nunca utilice extintores de dióxido de carbono o de químico seco ordinario en un fuego Clase A. (Texas Workers' Compensation Commission 2004).

- Los fuegos Clase B involucran líquidos inflamables o combustibles, tales como gasolina, querosen, pintura, disolventes de pintura y gas propano. Estos tipos de fuegos deben ser apagados utilizando extintores de espuma, dióxido de carbono, químicos secos ordinarios o químicos secos de uso múltiple y de halón. (Texas Workers' Compensation Commission 2004).

- Los fuegos Clase C involucran equipo eléctrico energizado, tales como aparatos eléctricos, interruptores, paneles, y tableros de electricidad. Puede utilizar un extintor de dióxido de carbono, químico seco ordinario, químico seco de uso múltiple o uno de halón para combatir fuegos Clase C. Nunca debe utilizarse agua en fuegos eléctricos ya que existe el riesgo de un choque o descarga eléctrica. (Texas Workers' Compensation Commission 2004).

- Los fuegos Clase D involucran ciertos metales combustibles, tales como magnesio, titanio, potasio o sodio. Estos metales arden a temperaturas tan elevadas que permiten absorber el oxígeno de otros materiales haciendo posible la combustión. Estos fuegos pueden reaccionar violentamente con el agua u otros químicos y deben ser manejados con mucho cuidado. (Texas Workers' Compensation Commission 2004).

## **Anexo V. Presupuesto estimado de mejoras**

### **Descripción del presupuesto**

En este apartado se incluye el cálculo del costo de los cambios recomendados para lograr disminuir el riesgo de incendio en la Escuela Joaquín L. Sancho, así como también las modificaciones necesarias para que las instalaciones cumplan con el reglamento de la Ley 7600 en relación al acceso al espacio físico.

Es importante mencionar que este presupuesto es únicamente un aproximado preliminar, ya que hay muchos factores que intervienen en una obra de remodelación, como por ejemplo, la calidad de la mano de obra, los imprevistos, entre otros aspectos.

### **Limitaciones**

Los precios de los materiales son estimados a la fecha de enero de 2012, y los rendimientos y costos de mano de obra fueron calculados con una cuadrilla de un maestro de obras y dos ayudantes, por lo que se debe aclarar que este presupuesto es un estimado preliminar para dar un costo aproximado de los cambios a realizar, y que para la fecha en que se pudiesen implementar dichas mejoras se deberá realizar una actualización del mismo, tanto en materiales como en mano de obra.

### **Resultados**

Como se pudo observar en el desarrollo de este trabajo, en la escuela es necesario realizar varias mejoras para cumplir con la Ley 7600 así como también para prevenir el riesgo de incendio en las instalaciones, y aunque se definió una lista de prioridades únicamente por razones de presupuesto, todas y cada una de estas mejoras son necesarias realizarlas lo antes posible para la seguridad de toda la población del centro educativo.

A continuación se presentan en orden prioritario cada una de las mejoras requeridas y su respectivo presupuesto estimado, para que así las autoridades de la escuela tengan presente en qué orden actuar y a la vez ir buscando el presupuesto para implementarlas lo antes posible.

1. Colocación de extintores portátiles en cada pabellón.

**Cuadro AV-1.** Costo de implementación para extintores portátiles.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Extintores de polvo químico ABC de 10lb	unid	7	Ø30.000,0	Ø210.000,0

Fuente: El autor

Este precio incluye la instalación. La cotización fue hecha por la empresa Extintores de Occidente, la cual ya tiene instalados extintores en la escuela, específicamente en el laboratorio de informática, el comedor, la dirección y en un aula del pabellón 1, por lo que se sugiere seguir utilizando sus servicios.

- 2) Adecuación de las escaleras y rampas de acceso.

Modificar las gradas y la rampa de acceso a los pabellones superiores es obligatorio para cumplir con la Ley 7600, pero también es fundamental modificarlas lo antes posible por tratarse de la principal ruta de evacuación de los pabellones superiores (Ver Anexo VI), por lo que se requiere que sean adecuadas para la movilización de los estudiantes hacia la zona de seguridad, evitando así caídas y logrando un menor tiempo de evacuación.

- a. Escaleras

**Cuadro AV-2.** Costo de implementación para arreglar las escaleras de concreto.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Cemento	saco	23,0	Ø5.700,0	Ø131.100,0
Arena	m3	1,3	Ø14.500,0	Ø18.850,0
Piedra	m3	2,6	Ø15.100,0	Ø39.260,0
Varilla deformada #3	und	20,0	Ø2.200,0	Ø44.000,0
Alambre negro	kg	2,0	Ø750,0	Ø1.500,0
Formaleta	Glb	1,0	Ø65.000,0	Ø65.000,0
Cerámica antideslizante	m2	16,0	Ø10.700,0	Ø171.200,0
Baranda en metal	m	8,0	Ø23.000,0	Ø184.000,0
Mano de Obra	hrs	115,0	Ø1.100,0	Ø126.500,0
				<b>Ø781.410,0</b>

Fuente: El autor

b. Rampa de acceso

**Cuadro AV-3.** Costo de implementación para modificar la rampa de acceso.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Cemento	saco	17,0	∅5.700,0	∅96.900,0
Arena	m3	1,0	∅14.500,0	∅14.500,0
Piedra	m3	1,9	∅15.100,0	∅28.690,0
Malla electrosoldada #2	und	2,0	∅27.800,0	∅55.600,0
Cerámica antideslizante	m2	20,0	∅10.700,0	∅214.000,0
Baranda en metal	m	14,0	∅23.000,0	∅322.000,0
Mano de Obra	hrs	86,0	∅1.100,0	∅94.600,0
				<b>∅826.290,0</b>

Fuente: El autor

Se puede utilizar cintas de lija adhesiva en lugar de la cerámica antideslizante, lo cual reduciría considerablemente los costos.

3) Contar con un protocolo de incendio actualizado.

En este caso es necesaria la adecuada rotulación de las instalaciones de la escuela, donde se indiquen las zonas seguras, salidas de emergencia, así como también la colocación de las rutas de evacuación en rótulos grandes en lugares visibles como pasillos.

**Cuadro AV-4.** Costo de rotulación para plan de emergencia.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Señal Salida de Emergencia	und	7	∅10.000,0	∅70.000,0
Señal Zona de Seguridad	und	1	∅18.000,0	∅18.000,0
Mapas Rutas de evacuación	und	3	∅23.000,0	∅69.000,0
Señal Extintores	und	8	∅7.000,0	∅56.000,0
				<b>∅213.000,0</b>

Fuente: El autor

4) Colocar detectores de humo con central de alarma.

**Cuadro AV-5.** Costo de implementación de detectores de humo.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Sensores de humo inalámbricos	unid	30	∅20.500,0	∅615.000,0
Central receptora de alarma	Glb	1	∅131.200,0	∅131.200,0
Colocación (Mano de Obra)	hrs	10	∅4.000,0	∅40.000,0
				<b>∅786.200,0</b>

Este sistema consiste en la colocación de un sensor de humo inalámbrico en cada aula y espacio confinado, los cuales se codifican con un número para cada uno. En caso de activarse, cada sensor cuenta con una alarma de 90dB (decibeles), y simultáneamente manda una señal a una central receptora, la cual mediante una llamada a un teléfono fijo o celular, informa cual sensor ha sido activado para así intervenir lo antes posible.

5) Colocación de Luces de emergencia

**Cuadro AV-6.** Costo de implementación de las Luces de emergencia

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Iluminación de emergencia	unidad	30	Ø25.000,0	Ø750.000,0

Fuente: El autor

6) Pintar los marcos de las puertas de un color que contraste con el resto de la pared.

**Cuadro AV-7.** Costo de aplicar pintura para resaltar los marcos de las puertas.

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Pintura acrílica	galón	3	Ø11.500,0	Ø34.500,0
Mano de Obra	hrs	18	Ø1.200,0	Ø21.600,0
				<b>Ø56.100,0</b>

Fuente: El autor

## **Anexo VI. Protocolo de incendio**

Se adjunta a continuación un protocolo de incendio con los pasos a seguir antes, durante y después de un posible incendio dentro de las instalaciones de la Escuela Joaquín L. Sancho.

### **Propósito**

Establecer el procedimiento a seguir por parte de los estudiantes, personal docente y administrativo y misceláneos de la escuela, antes, durante y después de una evacuación cuando se presente un incendio u emergencia relacionada.

### **Alcance**

Estudiantes, personal docente y administrativo, misceláneos y cualquier visitante que se encuentre dentro de las instalaciones de la Escuela.

### **Formación del comité de seguridad**

Para una adecuada intervención en caso de emergencia y una posible evacuación, es necesaria la formación de un comité de seguridad, el cual vele por la seguridad de las instalaciones y sus ocupantes, así como también encargarse de coordinar los simulacros, colocar rotulación, inspeccionar los extintores, entre otras cosas.

Este comité se conformará de dos unidades, la primera estará conformada por el director y personal administrativo, y la otra unidad se trata de un equipo de apoyo interno, conformado por los docentes, misceláneos y el guarda de la escuela.

A continuación se describen las responsabilidades que tendrá cada unidad.

### **Responsabilidades del comité de seguridad.**

#### Director y personal administrativo de la Escuela

Es el encargado de conseguir el presupuesto para la realización de las mejoras en el menor tiempo posible.

Es el primer responsable de valorar, activar y supervisar que se cumpla el protocolo de incendio cuando éste se presente.

Coordinar para que el equipo de apoyo interno reciba la capacitación adecuada para atender y dirigir los lineamientos en caso de incendio.

Coordinar la realización de simulacros de atención de emergencias con el equipo de apoyo interno y evaluar la efectividad de los mismos.

Iniciar, controlar y mantener las comunicaciones con el personal de apoyo a nivel interno.

Establecer un puesto de mando para conocer e indicar las directrices con respecto a la emergencia que se esté manejando en la infraestructura y el retorno a la normalidad en el menor tiempo posible.

#### Equipo de apoyo interno

Velar por que se conozca y cumpla el procedimiento en caso de incendio. Informar a los estudiantes que se cuenta con un procedimiento en caso de emergencia.

Velar por que se mantengan accesibles, disponibles y equipados todos los equipos para la mitigación y control de posibles incendios (extintores, detectores de humo, etc.).

Informarse sobre la emergencia sucedida y asistir al lugar del incidente (caso de misceláneos y guarda) y asegurarse de la presencia de los equipos necesarios para la mitigación y control de la emergencia.

Asumir un papel de apoyo y guía ante la llegada de las entidades de atención de emergencias externas en conjunto con la administración del Centro. De esto deben encargarse los misceláneos y el guarda, ya que los docentes deben estar siempre atentos a sus estudiantes.

Apoyar en las labores de re-acondicionamiento de las instalaciones.

Participar activamente en las actividades de capacitación que se le convoque.

Identificar las posibles situaciones de emergencia que podrían presentarse en las diferentes instalaciones de la escuela, y en caso de existir un riesgo potencial, solicitar al director una reunión para en conjunto definir una pronta solución.



Conocer sobre la ubicación, disponibilidad y utilización de todos los equipos para la mitigación y control del fuego. -Revisar y reportar la condición de los dispositivos de seguridad, protección y señalización.

#### Estudiantes y visitantes de la Escuela

Acatar de forma obligatoria los lineamientos que les brinden el equipo de apoyo interno.

### **Procedimiento de atención de emergencias**

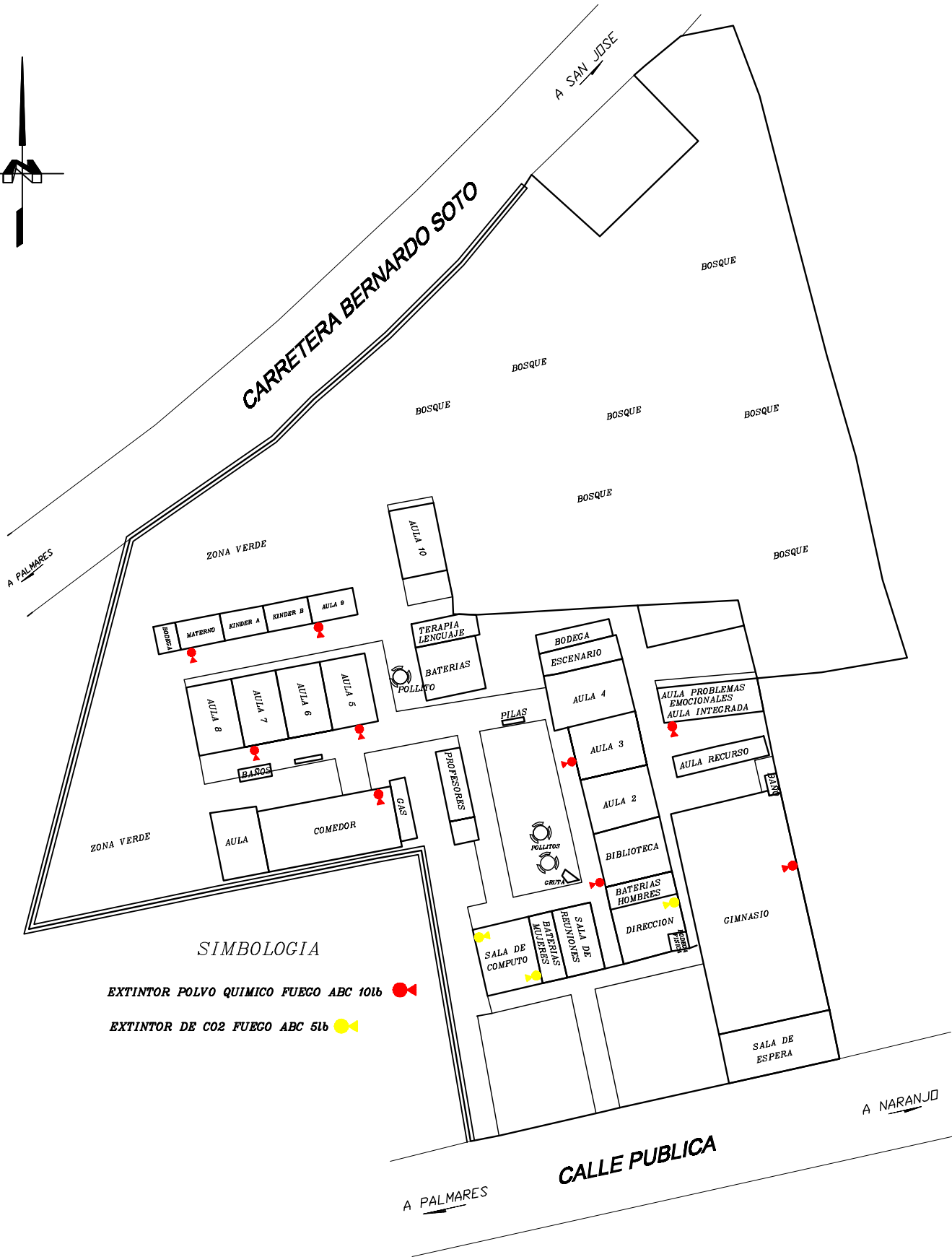
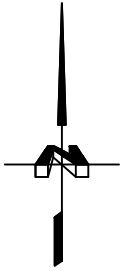
1. Al descubrir cualquier persona algún conato de incendio que ponga en peligro la integridad de las personas o de las instalaciones, la persona deberá informarlo al director de la escuela, quien desplazará la ayuda requerida.
2. El guarda y los misceláneos se dirigirán hacia el lugar del siniestro llevando el equipo que corresponda (principalmente un extintor), tomado de otras áreas ya que los del área en emergencia deben estar siendo utilizados.
3. El guarda asumirá las labores de mando y dirección hasta que sea relevado por el director de la escuela en las operaciones siguientes; en caso de que el director no se haga presente, el guarda continuaría con la labor.
4. Una vez que se haya intervenido, se debe evaluar la situación verificando lo siguiente:
  - a. Asegurar la escena
  - b. Si hay personal o víctimas por rescatar.
  - c. Determinar riesgos adicionales tanto para el que atiende la escena, como para las personas o víctimas del área afectada u otras áreas de la escuela.
5. De ser requerido, se debe tomar la decisión de evacuar parcial o totalmente las instalaciones y debe comunicarse a entidades de apoyo correspondientes (Bomberos, Cruz Roja, entre otros). Para esto es necesario establecer un puesto de mando, en donde se tomarán las decisiones de actuación y de ser necesario se realizaran las llamadas para

solicitar ayuda por parte de entidades externas. Dicho sitio será determinado una vez se conozca la ubicación de la emergencia.

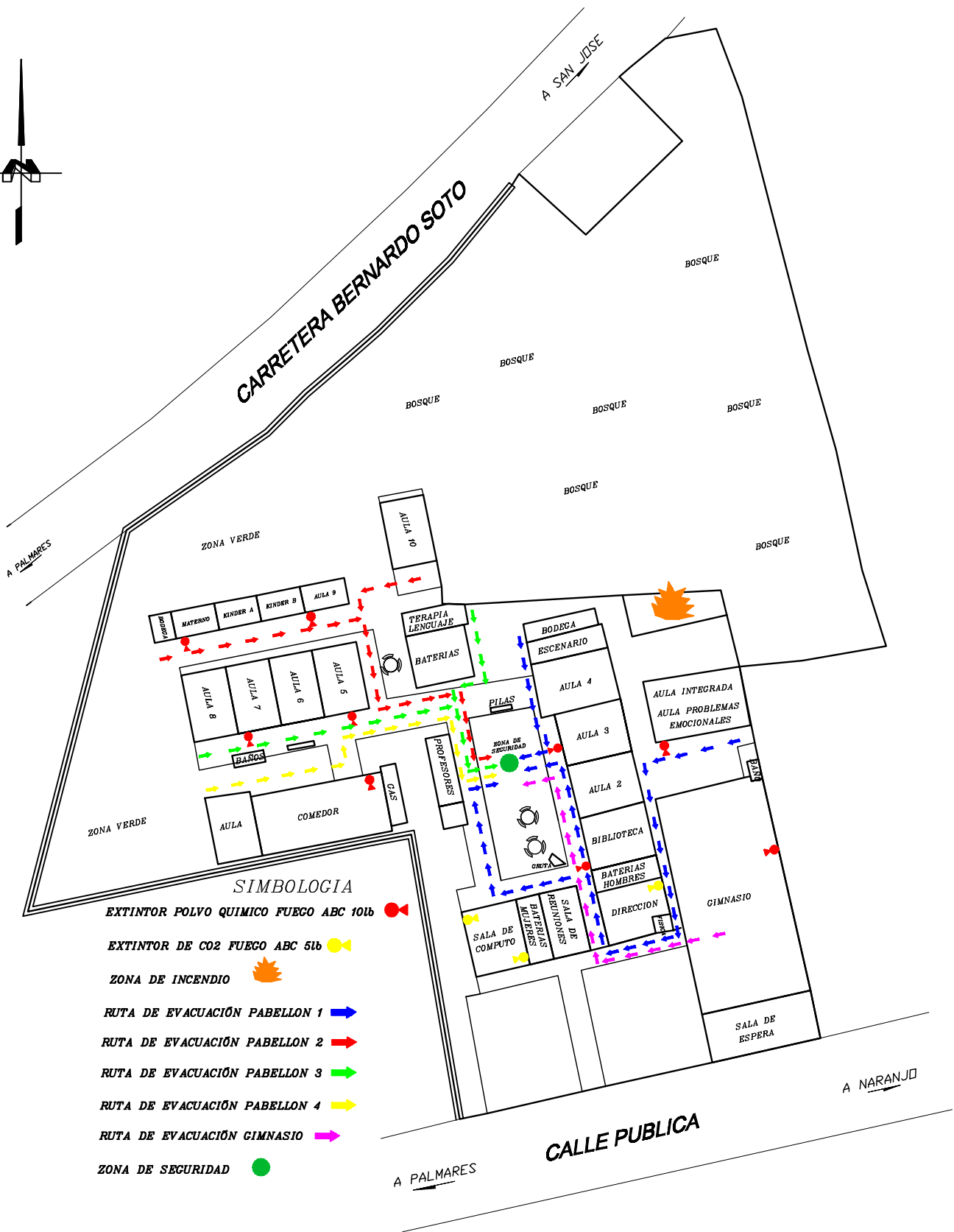
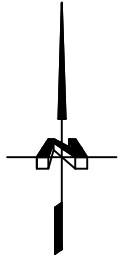
6. Para evacuar las instalaciones de la Escuela y dirigirse a la zona de seguridad debe realizarse de la siguiente forma:
  - a. Se deben dirigir por las diferentes rutas de evacuación debidamente identificadas que los llevarán a la zona de seguridad. (Ver mapas adjuntos).
  - b. Al evacuar no se debe correr, si no caminar por los pasillos o rutas de evacuación y formar una hilera hasta que se ubiquen en la zona de seguridad establecida, según lo indica el croquis y la señalización ubicada en la escuela.
  - c. Si existe gran cantidad de humo en el lugar debe colocarse a nivel de piso y gatear para evitar irritaciones en la vista o problemas respiratorios.
  - d. Estudiantes y equipo de apoyo interno deben de estar atentos a las indicaciones brindadas por el director de la escuela.
  - e. Es prohibido reingresar o devolverse al interior de la estructura.
  - f. Los estudiantes deberán ubicarse de forma ordenada y agruparse en la zona de reunión que han sido determinada en los ejercicios de evacuación.
  - g. Si durante la evacuación se observa personas que necesita atención médica inmediata se debe comunicar una vez que se evacuó el edificio la ubicación del afectado al encargado o a los cuerpos de apoyo que estén atendiendo la escena; en caso de que esta persona tenga peligro de su vida inminente por la magnitud de la emergencia se debe tratar de ayudar a llevarlo a un lugar seguro; sin que esto represente un riesgo a la vida humana de los socorristas.
  - h. El guarda de la escuela verificará que no haya quedado ninguna persona dentro de las edificaciones realizando un barrido, y en caso de quedar alguien deberá conducirla hacia la zona de reunión.
  - i. El director de la escuela debe asegurarse que la emergencia está controlada antes de indicar nuevamente el reingreso a las instalaciones, hasta ese momento nadie puede ingresar excepto las personas autorizadas en este procedimiento.

A continuación se presentan los mapas que incluyen la ubicación de los extintores portátiles, así como también las rutas de evacuación que se deben seguir en caso de un incendio.










# UBICACION DE EXTINTORES PORTATILES EN ESCUELA JOAQUIN L. SANCHO QUESADA



# PLAN DE EVACUACIÓN DE LA ESCUELA JOAQUIN L. SANCHO QUESADA



## SIMBOLOGIA

- EXTINTOR POLVO QUIMICO FUEGO ABC 10lb** 
- EXTINTOR DE CO2 FUEGO ABC 5lb** 
- ZONA DE INCENDIO** 
- RUTA DE EVACUACIÓN PABELLON 1** 
- RUTA DE EVACUACIÓN PABELLON 2** 
- RUTA DE EVACUACIÓN PABELLON 3** 
- RUTA DE EVACUACIÓN PABELLON 4** 
- RUTA DE EVACUACIÓN GIMNASIO** 
- ZONA DE SEGURIDAD** 

## **Anexo VII. Señalización**

Para minimizar el riesgo de incendio en la edificación se debe tener una correcta señalización de las salidas y demás aspectos de relevancia en una emergencia. En Costa Rica se debe cumplir con la norma INTE 21-02-02-96 "Seguridad Contra Incendio, Señalización de Seguridad. Vías de Evacuación".

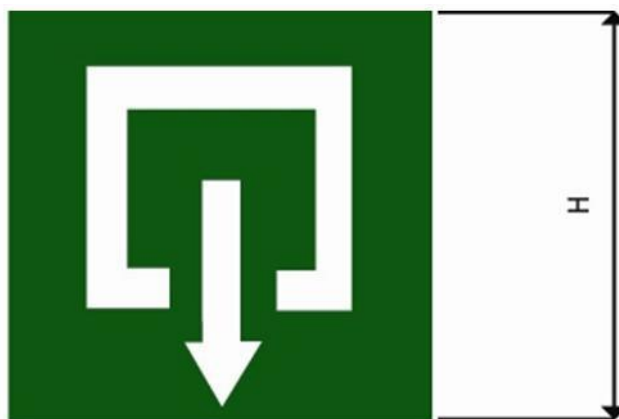
### **Señalización de salidas**

En esta norma se definen dos tipos de salidas:

- a) Salidas habituales: las utilizadas para la habitual circulación en el edificio, generalmente, con carácter público.
- b) Salidas de emergencia. Son las utilizadas únicamente en caso de emergencia de evacuación.

#### Señalización de salidas habituales

Según la norma INTE 21-02-02-96 es posible señalar las salidas habituales de dos maneras; el Pictograma A2 (P-A2) y la Señal literal S.L.1.



**Figura VII.1.** Pictograma A2 (P-A2)

Fuente: INTE 21-02-02-96

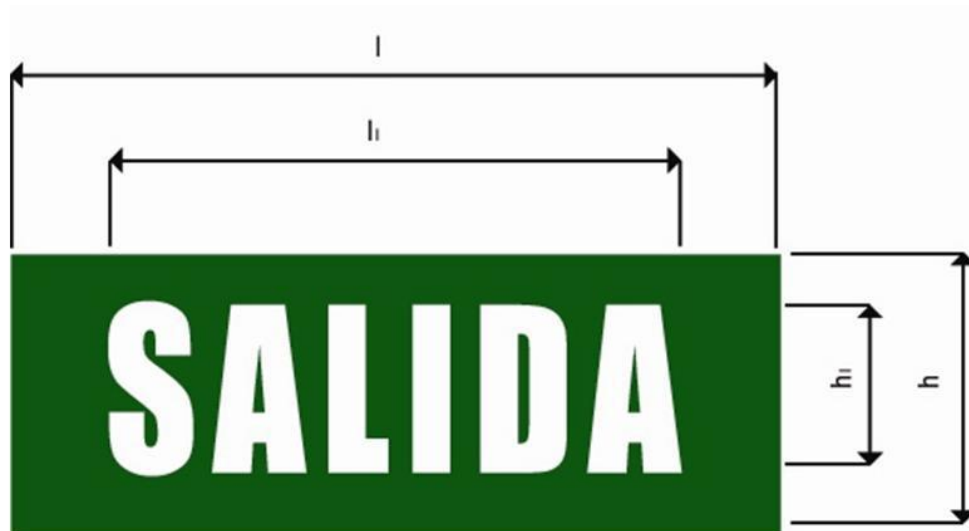
En caso de utilizar la señal literal, ésta depende de la longitud de observación y con ello se determinan las dimensiones de la señal. Las generalidades de dichas señales se componen de

un fondo color verde, letras o trazos color blanco y las dimensiones en función de la máxima distancia de observación "d" previsible, dichas se detallan en el Cuadro AVII-1.

**Cuadro AVII-1.** Medidas de la señalización de salidas normales.

Señal	Forma	Medidas (mm)			
		Según la distancia máxima de observación d (m)			
			$d \leq 10$	$10 < d \leq 20$	$20 < d < 30$
Pictograma A2 (P-A2)	Cuadrado	H	224	447	670
Señal literal (S.L.-1)	Rectangular	L	297	420	594
		H	105	148	210
		$l_1$	240	340	480
		$h_1$	60	85	120

Tipo de letra (forma y tamaño): La letra debe ser tipo Swis 712 BT Bold  
Fuente: INTE 21-02-02-96



**Figura VII.2.** Señal literal S.L.-1

Fuente: INTE 21-02-02-96

### Señalización de salidas de emergencia

Según esta misma norma la señalización de las salidas de emergencia puede hacerse por cualquiera de estos dos medios:

El pictograma 4(P-4) (véase Figura VII.3) según está especificado en la norma INTE 21-02-01-96.

La señal literal S.L.-2 representada en la Figura VII.4 con fondo de color verde, letras o trazos color blanco y la forma y medidas en función de la máxima distancia de observación "d" previsible, presentes en el Cuadro AVII-2.

**Cuadro AVII-2.** Medidas de la señalización de salidas de emergencia.

Señal	Forma	Medidas (mm)			
		Según la distancia máxima de observación d (m)			
			$d \leq 10$	$10 < d \leq 20$	$20 < d < 30$
Pictograma 4 (P-4)	Cuadrado	H	224	447	670
Señal literal (S.L.-2)	Rectangular	L	297	420	594
		H	148	210	297
		$l_1$	247	350	495
		$l_2$	271	382	540
		$h_1$	50	70	100
		$h_2$	16	24	34
		$h_3$	16	22	29
Tipo de letra (forma y tamaño): La letra debe ser tipo Swis 712 BT Bold					

Fuente: INTE 21-02-02-96



**Figura VII.3.** Señalización de salidas de emergencia Pictograma 4 (P-4).

Fuente: INTE 21-02-02-96



**Figura VII.4.** Señal literal (S.L.-2)

Fuente: INTE 21-02-02-96

### Señalización de tramos de recorridos de evacuación

Los tramos de recorrido de evacuación pueden conducir a "salidas habituales" o a "salidas de emergencia".

Señalización de tramos de recorrido de evacuación que conducen a salidas habituales.

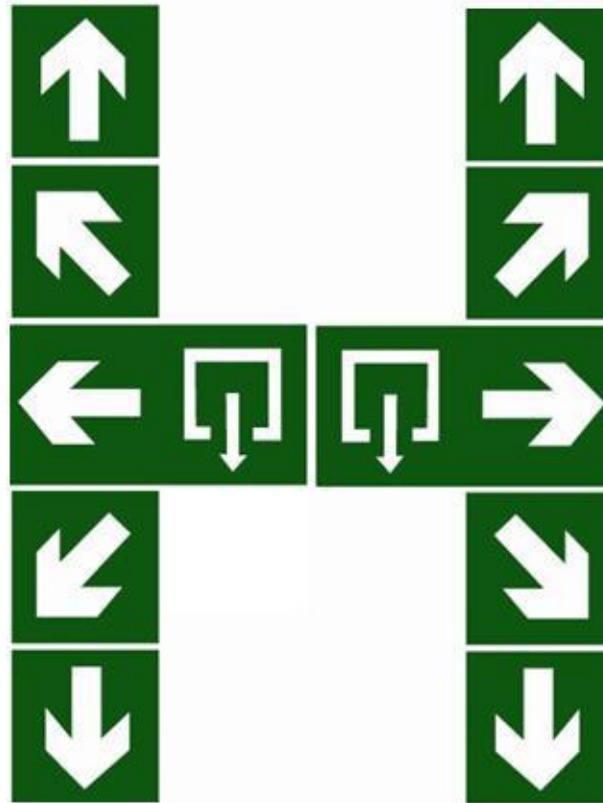
La señalización del tramo y el sentido del recorrido de evacuación que conduce a una salida habitual, puede hacerse por cualquiera de estos dos medios:

1) El pictograma A2 (P-A2) acolado con el pictograma 24 (P-24) de la norma UNE 23-033/1 el cual debe situarse a la izquierda o a la derecha del P-A2, de modo que el sentido indicado por la flecha sea hacia el exterior de la señal.

El lado por el cual se acolan ambos pictogramas no tendrá margen, por lo que el fondo del conjunto resultará continuo.

Cada pictograma tendrá como medida de sus lados la altura H, definida para el pictograma A2 en el Cuadro AVII.1, según la distancia máxima de observación "d" previsible (véase Figura VII.5).





**Figura VII.5.** Pictograma A2 (P-A2) acolado con el pictograma 24 (P-24).

Fuente: INTE 21-02-02-96

2) La señal literal de salida S.L.-1, acolada con el pictograma 24 (P-24) de la norma UNE 23-033/1, el cual debe situarse a la izquierda o a la derecha de la señal literal (S.L.-1), de modo que el sentido indicado por la flecha sea hacia el exterior de la señal.

El lado por el que se acolan la señal literal S.L.-1 y el pictograma P-24 no tendrá margen, por lo que el fondo del conjunto resultará continuo.

El pictograma P-24 tendrá como medida de sus lados la altura  $h$  de la señal literal correspondiente a la distancia máxima de observación "d" previsible (véase Figura VII.6).



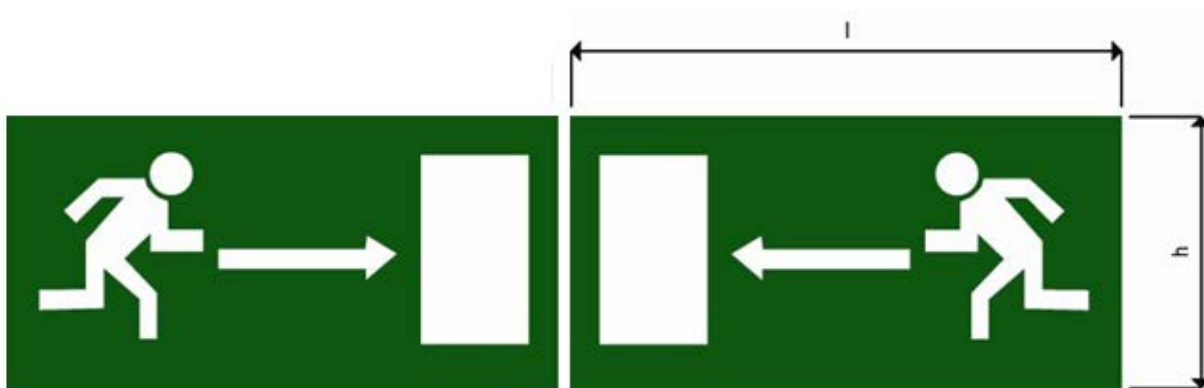
**Figura VII.6.** Señal literal (S.L.-1) acolada con el pictograma 24 (P-24).

Fuente: INTE 21-02-02-96

Señalización de tramos de recorrido de evacuación que conducen a salidas de emergencia.

La señalización y el sentido de recorrido de evacuación que conduce a una salida de emergencia pueden hacerse por cualquiera de estos tres medios:

1) El pictograma A1 (P-A1) de la norma UNE 23-033/1, cuyas medidas se indican en el Cuadro 3, según la distancia máxima de observación "d" previsible (véase Figura VII.7).



**Figura VII.7.** Pictograma A1 (P-A1).

Fuente: INTE 21-02-02-96

2) El pictograma 4(P-4) acolado con el pictograma 24(P-24) de la norma UNE 23-033/1, el cual debe situarse a la izquierda o a la derecha del P-4, de modo que el sentido indicado por la flecha sea hacia el exterior de la señal.

- El lado por el que se acolan ambos pictogramas no tendrá margen, por lo que el fondo del conjunto resultará continuo.

- Cada pictograma tendrá como medida de sus lados la altura H, definida para el pictograma 4 en el Cuadro AVII-3, según la distancia máxima de observación (d) previsible (véase Figura VII.8).



**Figura VII.8.** Señalización de tramos de recorrido de evacuación que conducen a salidas de emergencia.

Fuente: INTE 21-02-02-96

**Cuadro AVII-3.** Medidas pictograma A1 (P-A1).

Señal	Forma	Medidas (mm)			
		Según la distancia máxima de observación d (m)			
			$d \leq 10$	$10 < d \leq 20$	$20 < d < 30$
Pictograma A1 (P-A1)	Rectangular	L	320	632	948
		H	160	316	474
Tipo de letra (forma y tamaño): La letra debe ser tipo Swis 712 BT Bold					

Fuente: INTE 21-02-02-96

3) La señal literal de salida de emergencia S.L.-2, acolada con el pictograma 24(P-24) de la norma UNE 23-033/1, el cual debe situarse a la izquierda o a la derecha de la señal literal S.L.-2, de modo que el sentido indicado por la flecha sea hacia el exterior de la señal.

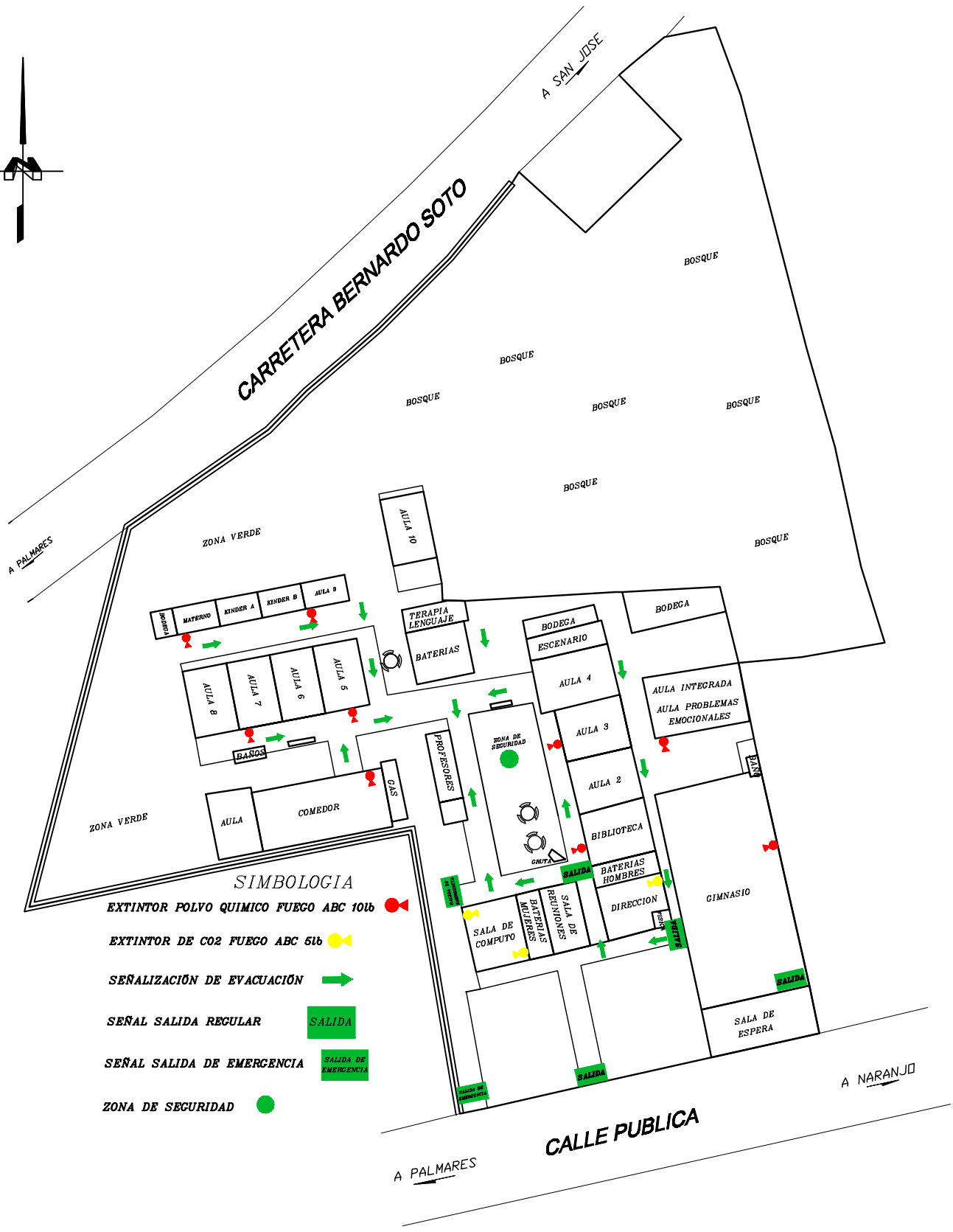
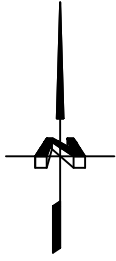
El lado por el que se acolan la señal literal S.L.-2 y el pictograma P-24 no tendrá margen, por lo que el fondo del conjunto resultará continuo.

El pictograma P-24 tendrá como medida de sus lados la altura h de la señal literal correspondiente a la distancia máxima de observación, d, previsible (véase figura VII.9).

**Figura VII.9.** Señalización de tramos de recorrido de evacuación que conducen a salidas de emergencia.

Fuente: INTE 21-02-02-96

# SEÑALIZACIÓN DE EVACUACIÓN DE LA ESCUELA JOAQUIN L. SANCHO QUESADA



## SIMBOLOGIA

- EXTINTOR POLVO QUIMICO FUEGO ABC 101b
- EXTINTOR DE CO2 FUEGO ABC 51b
- SEÑALIZACIÓN DE EVACUACIÓN
- SEÑAL SALIDA REGULAR
- SEÑAL SALIDA DE EMERGENCIA
- ZONA DE SEGURIDAD