



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA EN SISTEMAS- INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN EL  
METRO LÍNEA 3 INDIOS VERDES- UNIVERSIDAD, CASO PARTICULAR ZAPATA

MODALIDAD DE GRADUACIÓN: TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRA EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
ING. CHAGALA CAGAL YASMIN

TUTOR PRINCIPAL  
M.I. FRANCISCA IRENE SOLER ANGUIANO, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, SEPTIEMBRE 2019.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.I Fuentes Zenón Arturo

Secretario: M.I. Rivera Colmenero José Antonio

Vocal: M.I. Soler Anguiano Francisca Irene

1 er. Suplente: Dra. Huerta Barrientos Aida

2 d o. Suplente: Dra. Flores de la Mota Idalia

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Universidad Nacional Autónoma de México,  
Facultad de Ingeniería.

**TUTORA DE TESIS:**

M.I Francisca Irene Soler Anguiano

---

**FIRMA**

*Agradecimientos*

*A la Coordinación de Estudios de Posgrados (CEP), por darme el apoyo económico para realizar mi maestría.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por ofrecerme las mejores oportunidades.*

*A la Maestra Francis Soler, por todo el apoyo durante el proceso de mi maestría y por ocupar un lugar especial en mi corazón.*

*A mis sinodales: A la Dra. Idalia Flores, Dra. Aida Huerta, Dr. José Antonio Rivera y al M. I. Arturo Fuentes por el tiempo que se tomaron para leer este trabajo, por sus consejos y las observaciones que en conjunto hicieron para que yo pudiera culminar este proyecto.*

*Dedicatoria*

*Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.*

*A mi madre Guadalupe por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, que sin importar nuestras diferencias de opiniones siempre me dio el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.*

*A mi hermana Marisol porque siempre me apoyo y elevo espiritualmente para llegar a cumplir con mis objetivos.*

*A mí adorada hija Grecia, quien me presto el tiempo que le pertenecía y por ser mi gran inspiración para culminar mí meta.*

*A mi compañero de vida Mauricio, por acompañarme en este proceso, y sobre todo por tu paciencia y comprensión.*

*A mis amigos de la maestría, a Moisés por ser un gran amigo que sin condición alguna siempre apoya a los que los necesitan, a Carmen y Verónica por la amistad, confianza, apoyo y por esa amistad tan maravillosa.*

*A la Doctora Norah por ser ese apoyo incondicional y por mostrarme que el miedo y los sueños pueden materializarse en éxito. Por ser mí ejemplo a seguir.*

## Resumen

El Metro de la Ciudad de México es uno de los transporte público más utilizado por 5.5 millones de usuarios diariamente. La estación Zapata es una de las líneas del Metro que conecta con la línea 12. Debido a que en el STC Metro existen diferentes tipos de riesgos y uno de ellos es el de incendio y que este puede declararse en cualquier lugar y en cualquier momento. El objetivo de esta tesis es realizar un Estudios de las Condiciones de Seguridad Contra Incendios en la Línea 3 del Metro, Caso Particular Zapata y proponer medidas pertinentes para la prevención de los problemas o riesgos que pudieran existir hoy en día. Que con base en su análisis se mejore el Plan de Emergencia Contra Incendios. Primero, se seleccionó una estación de la Línea 3 del Metro. Se hizo un diagnostico situacional de la estación, se realizó una lista de verificación, una matriz de riesgo y un diagrama de árbol. Y finalmente se hace una propuesta de un Plan de Emergencia Contra Incendios con la finalidad de mejorar las carencias de acciones en sus medidas de prevención. Del análisis realizado del caso de estudio resulta que en la actividad 1 y 3 el índice de riesgo es del 72 % y 60% lo que significa que en estas actividades hay un nivel de riesgo crítico. En las actividad 4 y 5 el índice de riesgo es del 27.5% lo que significa que en estas actividades hay un nivel de riesgo medio. Por lo tanto la empresa debe poner mayor atención en cuanto que debe hacer al respecto.

*Palabras clave: estudio de las condiciones de seguridad, metro de la CDMX, prevención de incendios, mejora del plan de emergencia.*

## Abstract

The Mexico City Metro is one of the most used public transportation by 5.5 million users daily. Zapata station is one of the Metro lines that connects with line 12. Because in the STC Metro there are different types of risks and one of them is that of fire and this can be declared anywhere and at any time. The objective of this thesis is to carry out a Study of the Fire Safety Conditions on Line 3 of the Metro, Particular Case Zapata and to propose pertinent measures for the prevention of problems or risks that might exist today. On the basis of its analysis, the Fire Emergency Plan should be improved. First, a station was selected on Line 3 of the Metro. A situational diagnosis of the station was made, a checklist, a risk matrix and a tree diagram were made. Finally, a Fire Emergency Plan was proposed in order to improve the lack of actions in its prevention measures. The analysis of the case study shows that in activity 1 and 3 the risk index is 72 % and 60 %, which means that in these activities there is a critical risk level. In activities 4 and 5 the risk index is 27.5% which means that there is a medium level of risk in these activities. Therefore, the company must pay more attention to what to do about it.

*Key words: study of safety conditions, Mexican subway, fire prevention, improvement of the emergency plan.*

## **Contenido**

<b>Resumen.....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>5</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>11</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>12</b>
<b>Capítulo 1. Antecedentes.....</b>	<b>14</b>
1.1 La Importancia del Metro .....	14
1.2 Sistema de Transporte Metro en el Mundo .....	14
1.3 Incendios Mundiales Ocurridos en el Sistema de Transporte Metro. ....	15
1.4 Historia de la línea 3 del Metro Indios Verdes-Universidad .....	22
1.4 Problemática .....	24
1.5 Justificación.....	24
1.6 Objetivos .....	25
1.6.1 Objetivo general.....	25
1.6.2 Objetivos específicos.....	25
<b>Capítulo 2. Marco Teórico.....</b>	<b>26</b>
2.1 Túneles.....	26
2.1.1 Sistema de ventilación en túneles .....	26
2.1.2 Ventilación natural.....	26
2.1.3 Ventilación artificial o forzada .....	26
2.1.4 Ventilación longitudinal .....	27
2.1.5 Ventilación semitransversal .....	27
2.1.6 Ventilación transversal.....	28
2.2 Triangulo o Teoría del fuego .....	28
2.2.1 Tipos de fuego.....	30
2.3 Causas de un Incendio .....	31
2.3.1 Etapas en el desarrollo de un incendio .....	32
2.3.2 Definición de incendio en túneles.....	32
2.3.3 Movimiento de humo en túneles .....	33
2.3.4 Velocidad crítica.....	34
2.4 Métodos de evaluación de riesgos .....	35

2.5 Marco Legal de Seguridad en el Metro.....	37
2.5.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM).....	37
2.6 Ley Federal del Trabajo.....	38
2.6.1 Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo .....	39
2.6.2 Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene.....	43
2.7 Extintores .....	45
2.7.1 Tipo y clasificación de extintores .....	45
2.8 Hidrantes.....	50
2.8.1 Condiciones para la instalación de un hidrante.....	52
<b>Capítulo 3. Metodología.....</b>	<b>53</b>
3.1 Aplicación del Caso de Estudio .....	55
3.1.1 Seleccionar una estación.....	55
3.1.2 Diagnóstico situacional .....	56
3.1.3 Realizar lista de verificación (check-list) .....	64
3.1.4 Matriz de riesgos.....	68
3.1.4.1 Clasificación y priorización de los riesgos .....	68
3.1.4.2 Tipo de actividad.....	68
3.1.4.3 Tipo de peligro .....	69
3.1.4.4 Riesgo.....	69
3.1.4.5 Probabilidades .....	70
3.1.4.6 Índice de personas expuestas.....	70
3.1.4.7 Índice de procedimientos .....	70
3.1.4.8 Índice de capacitaciones .....	71
3.1.4.9 Índice de exposición al riesgo .....	71
3.1.4.10 Índice de probabilidad .....	72
3.1.4.11 Índice de severidad .....	72
3.1.4.12 Índice de riesgo.....	73
3.1.4.13 Grado o nivel de riesgo .....	73
3.1.4.14 Requisitos legales.....	74
3.1.4.15 Tratamientos.....	74
3.1.5 Desarrollo de la matriz de riesgos.....	74

3.1.6 Diagrama de árbol de fallos.....	79
<b>Capítulo 4. Análisis de Resultados del Caso de Estudio.....</b>	<b>81</b>
4.1 Análisis de resultados .....	81
<b>Capítulo 5. Mejora del Plan de Emergencia Contra Incendios.....</b>	<b>86</b>
5.1 Plan de emergencia contra incendios.....	86
5.1.2 Objetivo del plan de emergencia .....	86
5.1.3 Objetivos específicos del plan de emergencia .....	86
5.2 Información del Sistema de Transporte Colectivo Metro.....	87
5.3 Evaluación del riesgo .....	88
5.4 Clasificación de emergencias .....	88
5.5 Acciones .....	89
5.6 Soporte Administrativo: Comité de emergencias.....	89
5.6.1 Equipo de alarma y evacuación (E.A.E).....	91
5.6.2 Equipos de primeros auxilios (E.P.A).....	91
5.6.3 Equipos de primera intervención (E.P.I) .....	91
5.6.4 Equipos de segunda intervención (Protección Civil).....	92
5.6.5 Jefe de Intervención (J.I) .....	94
5.6.6 Coordinador Emergencia (C.E).....	94
5.6.7 Restablecimiento de actividades y operación .....	94
5.7 Diagramas operacionales para el desarrollo del plan.....	95
5.8 Estructura organizacional ante emergencias.....	95
5.9 Revisión de los equipos de lucha contra incendios .....	100
5.10 Simulacros.....	101
5.11 Programa de Mantenimiento .....	102
5.12 Activación del Plan de Continuidad .....	102
5.12.1 Plan de evacuación .....	103
5.12.2 Alarmas .....	104
5.12.3. Fases del proceso de alarma.....	104
5.12.4 Procedimiento general para evacuar las instalaciones.....	105
5.12.5 Punto de reunión .....	105
5.12.6 Evacuación de heridos .....	106



5.13 Plan de divulgación y capacitación .....	106
5.13.1 Divulgación del Plan de Emergencia .....	106
5.14 Grupo de seguridad física .....	106
5.15 Evaluación, revisión y actualización.....	106
<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>108</b>
Conclusiones .....	108
Recomendaciones.....	110
<b>Glosario.....</b>	<b>111</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>113</b>
Anexo A.....	113
Anexo B .....	114
Anexo C .....	115
<b>Bibliografía.....</b>	<b>116</b>

## Índice de figuras

Figura 1 Total de estaciones según el tipo de construcción. ....	17
Figura 2. Afluencia de las estaciones por trimestre de la línea 3, 2018. ....	18
Figura 3. Total por trimestre de las estaciones de la línea 3, Enero-Diciembre 2018. ....	19
Figura 4. Sistema de Transporte Metro Colectivo Metro. ....	21
Figura 5. Iconos de la línea 3 del Metro. ....	22
Figura 6. Triangulo de fuego. ....	29
Figura 7. Tetraedro del fuego de reacción en cadena. ....	30
Figura 8. Backlayering en un túnel de fuego. ....	34
Figura 9. Uso de extintor, como quitar el anillo de seguridad. ....	48
Figura 10. Presione la manilla de presión apuntando a la base de fuego. ....	49
Figura 11. Gabinetes y mangueras para hidrantes. ....	51
Figura 12. Metodología de la investigación. ....	53
Figura 13. Ubicación de la estación Zapata, Línea 3 Indios Verdes-Universidad. ....	55
Figura 14. Delimitación del área de ascenso y descenso un poco borrosos. ....	56
Figura 15. Aglomeración de personas en horas pico. ....	57
Figura 16. Cantidad de usuarios por trimestre del año 2018 y el primer trimestre del año 2019. ....	58
Figura 17. Botón de emergencia en mal estado. ....	59
Figura 18. Extintor bajo resguardo. ....	59
Figura 19. Extintores. ....	60
Figura 20. Botiquín de emergencia. ....	61
Figura 21. Faltantes de focos en la estación Zapata. ....	62
Figura 22. Basura en las vías y expuesto de cableado. ....	63
Figura 23. Árbol de fallos en caso de que ocurriera un incendio en el metro. ....	80
Figura 24. Diagrama de árbol de fallos. ....	85
Figura 25. Diagrama de actuación general en caso de emergencia. ....	96
Figura 26. Diagrama de actuación en caso de que sea un conato de emergencia. ....	97
Figura 27. Diagrama de actuación en caso de que sea una emergencia parcial. ....	98
Figura 28. Diagrama de actuación en caso de emergencia total. ....	99
Figura 29. Índices de riesgos de acuerdo a los resultados obtenidos de la matriz de riesgos. ....	109

## Índice de tablas

Tabla 1. Inauguración de la Línea 3 por orden cronológico.....	23
Tabla 2. Normas oficiales mexicanas. ....	44
Tabla 3. Extintores más comunes y la clasificación según la clase de fuego. ....	46
Tabla 4. Lista de Verificación de la estación Zapata. ....	65
Tabla 5. Suma de frecuencia de los elementos inspeccionados por día.....	67
Tabla 6. Índice de personas expuestas al riesgo, según datos tomados por el autor. ....	70
Tabla 7. Índice de procedimientos existentes, según datos tomados por el autor. ....	71
Tabla 8. Índice de capacitaciones de personal, según datos tomados por el autor. ....	71
Tabla 9. Índice de exposición al riesgo, según datos tomados por el autor. ....	72
Tabla 10. Índice de severidad, según datos tomados por el autor. ....	73
Tabla 11. Matriz de riesgos. ....	75
Tabla 12. Matriz de riesgos. ....	76
Tabla 13. Resultados de la matriz de riesgos. ....	77
Tabla 14. Mapa de riesgos. ....	78
Tabla 15. Símbolos para el desarrollo del diagrama de árbol.....	79
Tabla 16. Resultados de la matriz de riesgos con su respectivo nivel de riesgo.....	81
Tabla 17. Tratamientos de las actividades evaluadas. Fuente elaboración propia. ....	83
Tabla 18. Información general del STC Metro. ....	87
Tabla 19. Clasificación en función de la gravedad de la emergencia.....	88
Tabla 20. Funciones y responsabilidades de la brigada de emergencia. ....	93
Tabla 21. Operaciones a realizar por el personal experto de mantenimiento de equipos. ....	100
Tabla 22. Accidentes que ha cubierto el STC Metro. ....	115

## Introducción

En el Sistema de Transporte Colectivo Metro existen diferente tipo de riesgos y uno de ellos es el de incendio, debido a que el fuego puede declararse en cualquier lugar y en cualquier momento y debido a un sinnúmero de factores, el objetivo de este trabajo de tesis es realizar un “Estudio de las Condiciones de Seguridad Contra Incendios en la Línea 3 del Metro, caso particular Metro Zapata y proponer medidas pertinentes para la prevención de los problemas o riesgos que pudieran existir hoy en día”. De tal manera que el transporte se desarrolle en las condiciones seguras, permitiendo una rápida y segura evacuación.

En los últimos años el STC Metro ha sufrido accidentes e incidentes. El número de accidentes en túneles es relativamente menor, pero cuando se produce un accidente en un túnel las consecuencias son siempre graves, produciendo no solo pérdidas materiales, sino también posibles pérdidas de vidas. Si hablamos de un incendio en un túnel del STCM, este constituye uno de los mayores riesgos debido, a su acelerado desarrollo y por el rápido aumento de las temperaturas hasta valores superiores a los 1000°C y por emisión de gran cantidad de humo (Rojas, Análisis de Riesgos de Incendios, 2010).

En caso de incendio en un túnel la evacuación de los pasajeros se dificulta por las condiciones tan extremas que se crean. Este problema es complejo por el hecho de que los elementos de seguridad no solo afectan a una parte del sistema, sino también a la mayoría de los subsistemas que intervienen, como son los servicios eléctricos, mecánicos, físicos y la ventilación por mencionar algunos.

Aunque estadísticamente los siniestros por incendio en el Metro son mínimos, la repercusión y el eco en la opinión pública que produce cualquier incidente de este tipo, exige la aplicación de medidas de seguridad en dichos entornos. Es importante señalar que dentro de una estación del Metro, la repercusión de un incendio es mayor que en cualquier otro espacio, así como, la complejidad de las reacciones de los usuarios ante el siniestro.

El presente trabajo de tesis está conformado por seis capítulos que se explican a continuación.

**El capítulo 1**, se refiere al contexto del problema y a la importancia e impacto que tienen los incendios en el Sistema de Transporte Metro, así mismo se describe la problemática hacia donde

se orienta este trabajo, también se define: la problemática, justificación de la investigación y los objetivos.

**El capítulo 2**, se describe el marco teórico sobre los métodos de evaluación de riesgos y se hace una descripción sobre los tipos de fuego, la propagación y las causas de un incendio. También se hace mención del Marco Legal de Seguridad en el Metro, esto se refiere a las leyes, reglamentos y normas que rigen a la empresa y al trabajador.

**El capítulo 3**, se describe la metodología de este trabajo de investigación planteada para el desarrollo del proyecto. En este mismo capítulo se desarrolla el caso de estudio.

**El capítulo 4**, se describen los resultados obtenidos a partir de los datos recabados para el desarrollo del caso de estudio.

**El capítulo 5**, se hace la mejora del Plan de Emergencia Contra Incendios, en este plan de emergencia se proponen lineamientos y operaciones a seguir por parte de todos los funcionarios y usuarios que se encuentran en las instalaciones del Sistema de Transporte Colectivo Metro, con el fin de evitar, prevenir, controlar o enfrentar una situación de emergencia para mitigar las pérdidas humanas, materiales y económicas.

**Se desarrollan las conclusiones y recomendaciones.** De acuerdo a todo lo obtenido y analizado se harán recomendaciones que pudieran ayudar a la empresa y a los usuarios en cuanto a la prevención de los riesgos. Y se hará una conclusión dando una idea general de todo el trabajo realizado

Finalmente se muestra la bibliografía consultada.

## Capítulo 1. Antecedentes

### 1.1 La Importancia del Metro

La palabra Metro, tren metropolitano o tren subterráneo, se denomina a los “sistemas ferroviarios de transporte masivo de pasajeros” que operan en las grandes ciudades para unir diversas zonas de su término municipal y sus alrededores más próximos, con alta capacidad y frecuencia y separados de otros sistemas de transporte.

Las redes del Metro se construyen frecuentemente bajo tierra como en Madrid, superficiales como en México, elevadas como en Chicago e incluso, en otras ciudades de algunas zonas normalmente alejadas del centro o de expansión urbana reciente y a nivel de calle pero con una plataforma reservada.

El Metro es el sistema de transporte más rápido y con mayor capacidad comparado con el tren ligero, pero no es tan rápido ni cubre distancias de largo alcance como el tren suburbano. Es indiscutible su capacidad para transportar grandes cantidades de personas en distancias cortas con rapidez.

### 1.2 Sistema de Transporte Metro en el Mundo

El primer Metro del mundo fue el subterráneo de Londres (denominado North Metropolitan Railway), inaugurado en 1863 con seis kilómetros de longitud. En años sucesivos fue extendiéndose, de forma que en 1884 formaba un anillo de aproximadamente 20 kilómetros. (Abengoazar, 2012, pág. 4).

En 1863 en New York se construyó el Metro, cuya línea más antigua, estaba totalmente separada del tráfico, la West End de BMT.

Estambul fue el primer ferrocarril metropolitano subterráneo de Europa continental ya que se inauguró el 17 de febrero de 1875. (Los 5 metros mas antiguos del mundo, 2016).

En 1896, Budapest y Glasgow, fueron las ciudades europeas en disponer de Metro. La tecnología se extendió rápidamente a otras ciudades en Europa y luego a los Estados Unidos, donde se construyeron un elevado número de sistemas. (Abengoazar, 2012, págs. 14-17).

A partir del siglo XX comenzó la expansión por Latinoamérica, África, Oceanía, y Asia. Más de 160 ciudades tienen sistemas de tránsito rápido, con un total de más de 8,000 kilómetros de vías y 7,000 estaciones.

El primer ferrocarril metropolitano que se inauguró fue en España y segundo si consideramos a España e Iberoamérica, fue el Metro de Madrid, en la actualidad uno de los más extensos del mundo, seguido por el de Barcelona 1922.

El Metro de Moscú mejor conocido como el Palacio Subterráneo, inicio su actividad en 1935. Es el primero en el mundo que transporta al día 9.2 millones de pasajeros.

Casi cinco décadas después, en la Ciudad de México se construye una red del Metro en 1969 y se convierte en el más extenso de Latinoamérica.

El Metro de Hong Kong, fue inaugurado en 1979, es uno de los principales transportes masivos de la ciudad. Tiene una longitud de 218.2 kilómetros de tuneles, se agrupan en un total de 11 líneas de metro. Tiene 159 estaciones, 93 funciona como parte del metro y 68 del metro ligero. Transporta al día 5, 200,000 pasajeros.

Durante los años 1990, se construyeron los Metros de Medellín en Colombia y se termina en 1991 el de Monterrey en México, y se amplían muchas redes ya existentes.

El 2 de abril de 2009 se pone en marcha la primera línea con 18 kilómetros del Metro de Sevilla convirtiéndose en la Ciudad en contar con un Sistema de transporte Metro.

### 1.3 Incendios Mundiales Ocurridos en el Sistema de Transporte Metro.

En los últimos años han tenido lugar en todo el mundo, accidentes relacionados con incendios en el Sistema de Transporte Metro, a continuación se hace la descripción de algunos de ellos.

Bakú 30 de octubre de 1995. Un presunto corto circuito ocasionó un incendio en dos vagones del metro de Bakú, en Azerbaiyan. Fallecieron 289 personas. Las víctimas fallecieron por asfixia, electrocutados o aplastados por los que huían. (Bonet, 1995)

Corea del sur 19 de febrero de 2003. Un hombre con problemas mentales provocó un incendio en la ciudad surcoreana de Daegu que causó muerte a más de 200 personas y heridas a otras 140. (Internacional, 2003).

Washington 12 de julio del 2006. Se descarriló un tren del ferrocarril de la Ciudad Estadounidense de Chicago, más de 100 personas fueron trasladadas a los hospitales por inhalación de humo e irritaciones oculares. (elmundo.es, 2006).

Paris 29 de julio de 2007. Incendio que afectó un vagón de la Línea 13 del Metro de París provocó intoxicaciones al menos 35 personas. El incendio comenzó en los frenos a las 9:00 a.m., y rápidamente se propagó a todo el vagón, 15 personas debieron ser hospitalizadas, entre ellas una mujer embarazada que se encontraba en estado grave. (Clarín, 2007).

Nueva York 3 de febrero del 2015. Siete personas murieron y una docena resultó herida la tarde del martes cuando un tren de Metro-North chocó contra un vehículo en un cruce en el condado de Westchester. (Diario, 2015)

México 11 de junio de 2012. Un cambio en el voltaje ocasionó una falla en la Línea 1 del Metro, donde más de 60 mil personas resultaron afectadas. (Universal, 2012)

México 13 de septiembre de 2013. Una falla en el suministro de energía afectó, por más de dos horas, la salida de trenes en la Línea 3. (Gómez, 2015)

México 2 de agosto de 2017. Un corto circuito provocó que 31 usuarios resultaran intoxicados, 10 de los cuales fueron trasladados a un hospital. (Milenio, 2017)

México 20 de octubre de 2014. Desalojan un tren de la Línea 3 del Metro, después de que comenzara a incendiarse una de sus llantas. (Gómez, 2015)

México 17 de marzo de 2015 la investigación de (Gómez, 2015) menciona que, usuarios tuvieron que caminar por las vías del Metro, para desalojar un tren que se detuvo por una falla eléctrica.

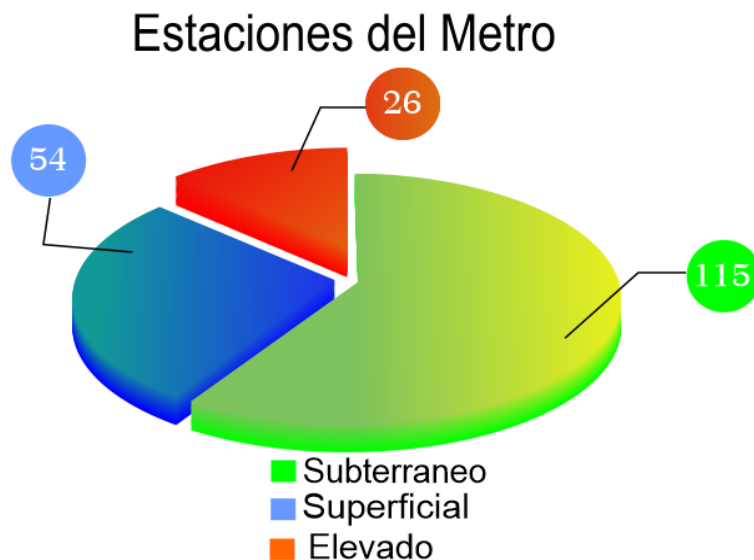


(Gómez, 2015) Dice que en México el 21 de marzo de 2005 desalojaron a los usuarios de la estación Tezomoc en la Línea 6 del Metro, debido a un corte de energía.

México 10 de septiembre de 2018. Complicaciones mecánicas de una unidad, lo que provoco que las personas tarden hasta una hora en abordar. (Notimex, 2018).

México 18 de febrero de 2019. Desalojan a los usuarios del Metro de la estación Zapata en la Línea 3, debido a fallas del sistema de frenado.

El Metro de la Ciudad de México cuenta con 12 Líneas, cada una con un número o letra y color distintivo. El parque vehicular está formado por trenes de rodadura neumática en diez Líneas, y trenes férreos en las Líneas A y 12. La longitud total de la red es de 226,488 km. con 195 estaciones. El metro está construido de forma subterránea (115 estaciones), superficial (54 estaciones) y viaducto elevado (26 estaciones). 195 estaciones se encuentran en la Ciudad de México y 11 en el Estado de México. (CDMX M. , Parque vehicular, 2018) **Ver figura 1** total de estaciones según el tipo de construcción.



*Figura 1 Total de estaciones según el tipo de construcción.  
Fuente. Metro de la Ciudad de México. Elaboración propia*

El Metro tiene un sobrecupo de un millón de usuarios al día. El director del STC detalló que en horas pico se excede la infraestructura que es para 4.5 millones de usuarios a 5.5 millones de usuarios que diariamente utilizan el servicio del Metro. (Lopez, 2018).

Aunque el transporte público es uno de los medios de transporte urbano más utilizado, las rutas de evacuación se puedan congestionar rápidamente en estaciones subterráneas, como es el caso del Sistema de Transporte Colectivo Metro. Ya que el STC es un transporte con mucha afluencia de pasajeros, como se muestra en la **figura 2**: se muestra la afluencia de personas por estación y trimestre en la Línea 3 Indios Verdes-Universidad en el año 2018. (CDMX M. , Afluencia por tipo de acceso 2018, 2018).

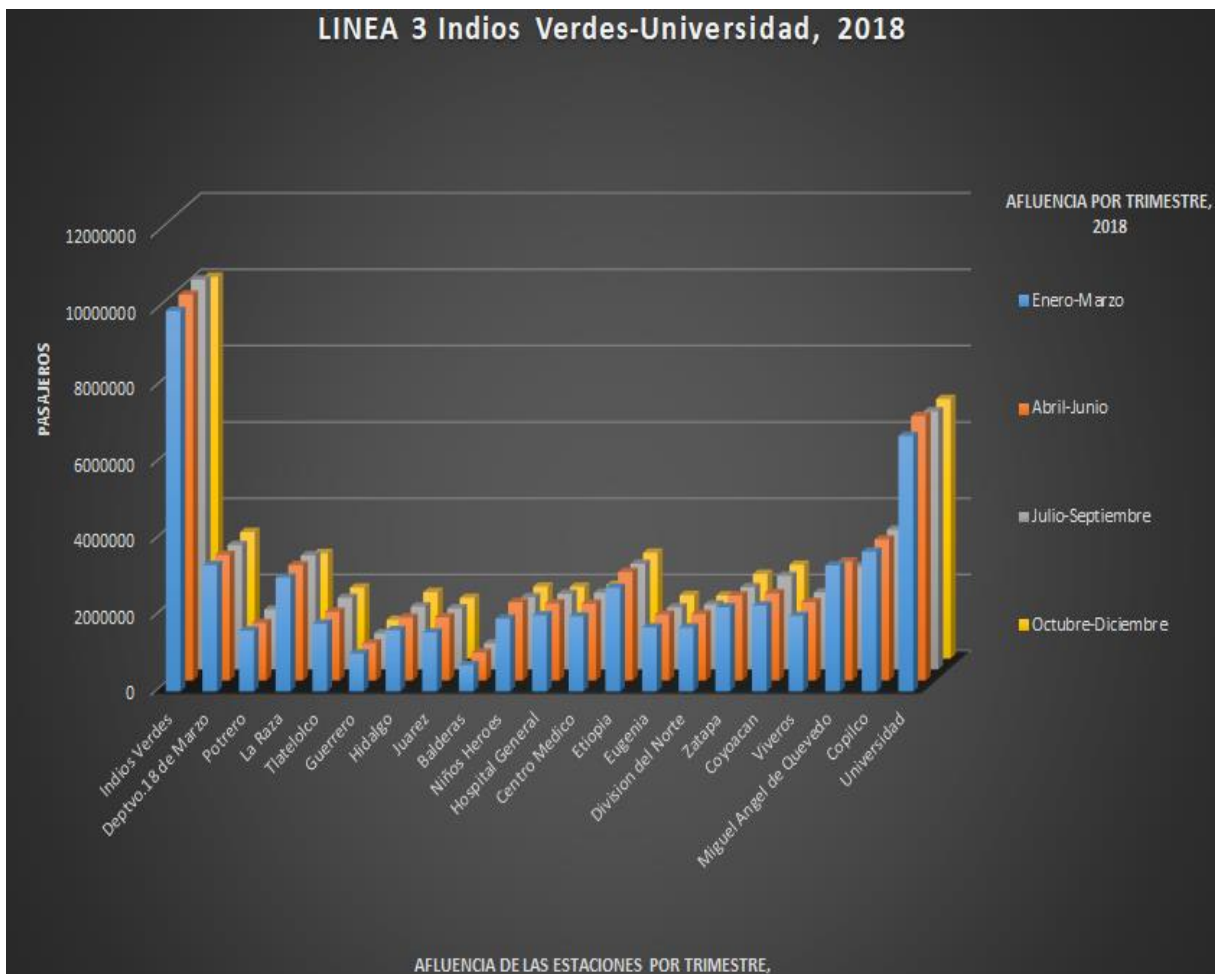


Figura 2. Afluencia de las estaciones por trimestre de la línea 3, 2018.

Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 3**, se muestra el total de usuarios por trimestre de las estaciones de la Línea 3, que corresponde al mes de Enero-Diciembre.

Total de Cada Trimestre de las Estaciones en la Línea 3

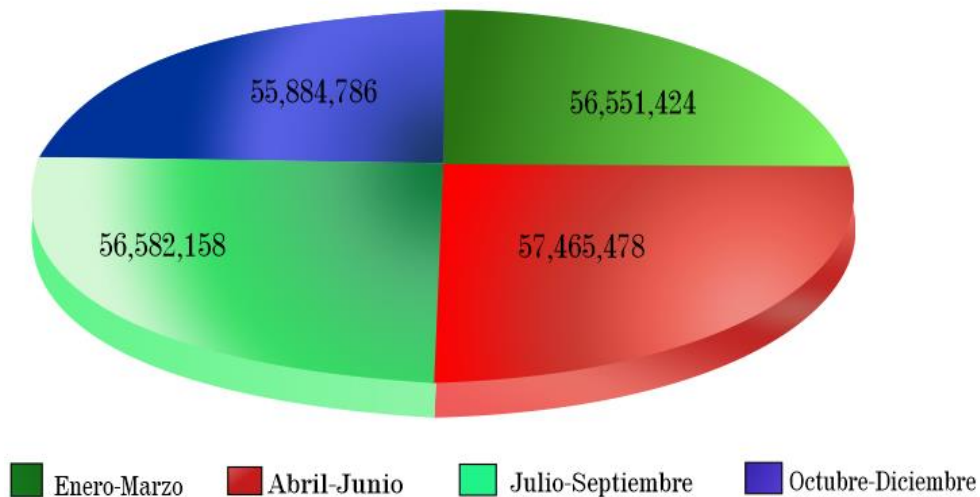


Figura 3. Total por trimestre de las estaciones de la línea 3, Enero-Diciembre 2018.

Fuente: Elaboración propia.

Menos de la mitad de estaciones cuentan con una "red húmeda" contra incendios que se activa automáticamente, 59 sólo cuentan con extintores. Los equipos de emergencia necesitan transportarse en el Metro en dirección contraria al flujo de la gente.<sup>1</sup>

De las 195 estaciones del Metro de la Ciudad de México, 59 cuentan con extintores, 46 más tiene una "red seca", que es poco eficiente, porque tiene fallas y 90 cuentan con una "red húmeda" que se activa al detectar fuego.<sup>2</sup>

En 59 estaciones del Metro entre ellas División del Norte, Potrero y Coyuca, cuentan con extintores. En 49 estaciones se encuentra instalada una red conocida como "red seca", que requiere la intervención de los bomberos para conectar sus tanques de agua y que apaguen el incendio. En

---

<sup>1</sup> Red húmeda, es un arranque de agua de 25 mm como mínimo, con llave de paso y de salida de 25 mm a la que deberá conectarse a una manguera de igual diámetro.

<sup>2</sup> Red seca, es un elemento para edificios de cinco o más pisos, y se establece que esta red metálica sea independiente para el agua.

otras 90 estaciones de las 195, se tiene instalada una “red húmeda” que se activa en forma automática cuando se detecta la presencia del fuego, con cisternas con agua para apagar el fuego de inmediato.

En algunas estaciones, los extintores están dañados o los han ido robado pieza por pieza. En los talleres del Metro Zaragoza donde se da mantenimiento al equipo del Metro hay 22 extintores fuera de servicio por robo de mangueras y boquereles (boquillas que expulsan el químico del extintor) y por tuberías picadas.

Dicha red del Metro se muestra en la **figura 4**. Mapa actual del Sistema de Transporte Colectivo Metro. (CDMX M. , Mapa de la Red, 2018)



## 1.4 Historia de la línea 3 del Metro Indios Verdes-Universidad

La línea 3 del Metro tiene una longitud de 23 kilómetros con 609 metros. En servicio 21 Km. 278 m., el resto para maniobras. Tiene un total de 21 estaciones. De correspondencia son 7, 12 de paso y 2 son terminales. Ver **figura 5**.



*Figura 5. Iconos de la línea 3 del Metro.*

Fuente: (travelbyméxico, 2017).

En la siguiente **tabla 1** se hace mención de las inauguraciones en la Línea por orden cronológico.

*Tabla 1. Inauguración de la Línea 3 por orden cronológico.*

<b>Fecha de inauguración</b>	<b>Tramo</b>
<b>20 de noviembre de 1970.</b>	Tlatelolco - Hospital General. Se inauguraron 7 estaciones, con 5.441 km inaugurados.
<b>25 de agosto de 1978.</b>	Tlatelolco - La Raza. Se inauguró 1 estación, con 1.389 km inaugurados.
<b>1 de diciembre de 1979.</b>	La Raza – Indios Verdes. Se inauguró 3 estaciones, con 4.901 km inaugurados.
<b>7 de junio de 1980.</b>	Hospital General - Centro Médico. Se inauguró 1 estación, con 0.823 km inaugurados.
<b>25 de agosto de 1980.</b>	Centro Médico – Zapata. Se inauguraron 4 estaciones, con 4.504 km inaugurados.
<b>30 de agosto de 1983</b>	Zapata – Universidad. Se inauguraron 5 estaciones, con 6.551 km inaugurados.

*Fuente: (CDMX M. d., 2018).*

## 1.4 Problemática

Actualmente en la Línea 3 del Metro que va de Indios Verdes a Ciudad Universitaria, es una de las Líneas que presenta gran cantidad de afluencia en las estaciones en el transcurso del día (CDMX m. , 2018). Si consideramos que en el STC Metro, en particular en la estación Zapata, presentaran algunas fallas de tipo mecánica y/o eléctrica, por ejemplo daño en los frenos, corto circuito en vías, y como consecuencia de las fallas mencionadas, ocurriera un incendio dentro de las instalaciones. Esto podría provocar una serie de accidentes como: arrollamiento entre personas, histeria, intoxicación, gran cantidad de heridos y posibles muertos.

Las indicaciones que el personal del STC Metro recomienda no serían suficientes para atender el evento no deseado porque tanto el personal como el usuario carecen de información necesaria para atender un evento no deseado de esta magnitud.

## 1.5 Justificación

Debido a que la empresa de STC (Sistema de Transporte Colectivo Metro Línea 3 Indios Verdes- Universidad) tiene carencias de acciones en sus medidas de prevención, surge la necesidad de realizar un Estudio de las Condiciones de Seguridad Contra Incendios en el Metro Línea 3, Caso Particular Estación Zapata.

En el Plan de Emergencia se incluirán lineamientos y procedimientos a seguir por parte de todos los funcionarios y usuarios del STC Metro, con el fin de evitar, prevenir, controlar o enfrentar una situación de emergencia. Además se identificarán y valorarán los riesgos que pudieran generar un evento no deseado.

Realizar un buen estudio de las condiciones de seguridad contra incendios en la estación y tener una buena evaluación de esta, nos ayudara en identificar cuáles son los puntos más vulnerables a que suceda tal evento.

Finalmente todo esto ayudará en la mejora de un buen servicio al usuario, habrá un incremento en la movilidad de los metros y evitará perdidas económicas al STC Metro.



## 1.6 Objetivos

### 1.6.1 Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es “Estudiar las Condiciones de Seguridad Contra incendios en el Metro Línea 3, Caso Particular Zapata” y proponer medidas pertinentes para la prevención de los problemas o riesgos que pudieran existir hoy en día.

### 1.6.2 Objetivos específicos

- Identificar las amenazas que pudieran causar un riesgo o accidente en las instalaciones.
- Realizar el respectivo análisis de riesgo y vulnerabilidad mediante el uso de algunas herramientas para valorar la probabilidad de que se presente una situación de riesgo en la entidad.
- Proponer alternativas para mitigar los riesgos existentes.

## Capítulo 2. Marco Teórico

### 2.1 Túneles

Los túneles son construcciones subterráneas de carácter lineal, cuyo objetivo principal es la comunicación entre dos lugares de sitios, para el transporte de personas, materiales o cosas. (EcuREd, 2017)

Una de las características principales es que cuenta con un techo y que la única ventilación es la que se mantiene en ambos puntos de origen y de destino. Por lo general, los túneles se construyen a través de la voladura o explosión de los espacios requeridos, por perforación y por excavación. De acuerdo con el tipo de túnel que se quiera construir existirán diferentes métodos para la obtención de resultados específicos.

#### 2.1.1 Sistema de ventilación en túneles

Los sistemas de ventilación son muy importantes en el caso de suceda un incendio la ventilación sirve como un control de humos emitidos por el incendio y ayuda aminorar los efectos térmicos sobre las estructuras. Principalmente se emplean sistemas de ventilación longitudinales, sistemas transversales y sistemas semitransversales.

#### 2.1.2 Ventilación natural

La ventilación natural que proporcionan los túneles, es debida a las diferencias en los niveles de presión entre ambas bocas, lo que origina una corriente de aire por el conducto de circulación. Sin embargo, en muchas ocasiones, debido a la gran longitud del túnel, al tráfico que soporta (caso de los túneles urbanos), o a la poca abertura de la ventilación natural, se tiene que recurrir a la ventilación forzada por ventiladores.

#### 2.1.3 Ventilación artificial o forzada

La ventilación artificial o forzada es la que se establece por la acción mecánica de ventiladores eléctricos. Puesto que el humo que se origina a consecuencia del tránsito de vehículos, supone un volumen de humo menor y son menos nocivos que los que se originan en un incendio, la ventilación forzada, se diseña pensando en la extracción del humo producido por un incendio. (Suhiltzaileak, s.f.)

### **2.1.4 Ventilación longitudinal**

Es aquella en la que se fuerza la circulación natural del aire a lo largo del túnel. Por un de los portales entra aire fresco y por el otro portal contrario sale el aire viciado. El sentido de circulación del aire sería conveniente que coincida con el de la circulación de los vehículos cuando el túnel es unidireccional, con objeto de aprovechar el efecto pistón que producen éstos. (Técnicos, 2018)

La circulación del aire se logra mediante ventiladores de chorro (jet fans). Generalmente, los ventiladores se colocan en clave del túnel cada cierto intervalo, aunque existen otros sistemas en que los ventiladores sólo se colocan en el portal de entrada del túnel, o en los pozos de ventilación intermedios.

Los ventiladores suelen ser reversibles, especialmente en el caso de túneles bidireccionales, para poder aprovechar la ventilación natural en el sentido en que ésta se produzca. También se incluyen sistemas de medición de humos y de contaminantes con objeto de aplicar únicamente la potencia de ventilación que sea necesaria. (Técnicos, 2018)

### **2.1.5 Ventilación semitransversal**

En este sistema el aire fresco se distribuye uniformemente a lo largo del túnel mediante un canal paralelo al mismo provisto de toberas a intervalos regulares. El aire contaminado corre a lo largo del túnel saliendo por sus embocaduras y manteniendo el nivel de contaminación uniforme en toda la obra. Al igual que en la ventilación transversal, los conductos de ventilación se suelen situar, cuando la sección del túnel es circular, bajo la calzada y junto a la bóveda. (Tesina, 2018)

La ventaja más importante sobre el sistema longitudinal es la posibilidad de hacer el sistema reversible, pudiéndose en caso de incendio invertir el sentido de circulación del aire aspirándose así los gases del incendio. El sistema se mejora cuando en las toberas normales de ventilación se dispone otras de mayores dimensiones a cierta distancia. En caso de incendio se abrirían las inmediatas al mismo para una mayor aspiración de los gases. (Tesina, 2018)

Los puntos de entrada de aire a los conductos auxiliares de ventilación se sitúan en las cercanías de los emboquilles del túnel. Si el túnel es de gran longitud se podrán utilizar uno o más pozos para la toma de aire fresco. El túnel se puede dividir en cantones de ventilación a los que llegará el aire fresco por conductos independientes. Esto permite que si se produce un incendio en un

determinado cantón, se aspiren los humos por el conducto correspondiente, con lo que se evita su difusión a lo largo del túnel.

### **2.1.6 Ventilación transversal**

Formada por un conducto de inyección de aire fresco dispuesto a lo largo del espacio longitudinal del túnel y que aprovisiona a un grupo de rejillas de inyección de aire que se encuentran conectadas al túnel. Requiere de un falso techo, con celosía de extracción, colocado en la zona superior y a lo largo de toda la extensión del túnel. Sobre el falso techo se vacía el aire contaminado, que irá hasta el extremo del túnel que dé a la superficie. Tanto los circuitos de inyección como los de extracción precisan de su correspondiente ventilador.

Este tipo de ventilación es muy efectiva para túneles de gran longitud y alto nivel de tráfico, por lo que se revela como la opción más efectiva en términos de control medio ambiental de operación de túneles, sin importar el tipo concreto de túnel a ventilar. Pero presenta un alto coste económico, sobre todo en túneles de gran tamaño. (Torres, s.f.)

## **2.2 Triangulo o Teoría del fuego**

Es una reacción química entre combustible<sup>3</sup> y comburente<sup>4</sup> con desprendimiento de energía en forma de luz y calor. Es una reacción química continuada con generación de luz y calor, en la que se combinan elementos combustibles (agentes reductores) con el oxígeno del aire (agente oxidante), en presencia de calor.

La mayoría de los incendios involucran un combustible que es químicamente combinado con el oxígeno que normalmente se encuentra en la atmósfera del aire. El aire atmosférico contiene un 21 por ciento de oxígeno, 78 por ciento de nitrógeno, y 1 por ciento de otros gases como: el argón, helio, dióxido de carbono, hidrogeno, metano, entre otros. Sustancias como gas cloruro y sus componentes también serán capaces de mantener la combustión. Así mismo otras sustancias, tales como peróxidos orgánicos son conformados de tal manera que ellos contienen tanto combustible como moléculas de oxígeno dentro del compuesto, permitiendo entonces el que se quemara en ausencia del oxígeno.

---

<sup>3</sup> Combustible, es la materia que se quema (se oxida). Ejemplo: madera, papel, butano, etc.

<sup>4</sup> Comburente, es lo que reacciona (oxida) con el combustible generando la combustión. Ejemplo: oxígeno.

El nitrógeno es un elemento que siempre está presente en los seres vivos, ya que es esencial para la formación de proteínas y ácidos nucleicos.

Es un fenómeno que se produce entre el Combustible – Calor - Oxígeno. De esta manera es que se habla de la llamada trilogía del fuego, dado que sus componentes son tres y si sólo uno de esos componentes faltara no existiría el mismo.

Para que se produzca un fuego se requieren tres elementos: combustible, oxígeno y calor. **Ver figura 6.** (MODASA, 2007)



*Figura 6. Triangulo de fuego.  
Fuente. Teoría del fuego. 2018.*

### **Tetraedro del fuego**

Para que se produzca un fuego se requieren cuatro elementos:

- **Combustible:** Se denomina combustible a cualquier sustancia capaz de arder. Dicha sustancia puede presentarse en estado sólido, líquido o gaseoso.
- **Comburente:** El comburente (el oxígeno) es el componente oxidante de la reacción. El aire contiene un 21% de oxígeno.
- **Calor:** El calor o energía de activación, es la energía que se precisa aporta para que el combustible y el comburente (oxígeno) reaccionen en un tiempo y espacio determinado. El calor se desprende durante la combustión y se mide en calorías (cal), kilocalorías (kcal) o BTU (British Thermal United, Unidad Térmica Británica).
- **Reacción en cadena:** La reacción en cadena es el factor que se permite que progrese y se mantenga un fenómeno químico una vez que se ha iniciado éste. Se mantiene la transformación.

Ver figura 7. Tetraedro de fuego de reacción en cadena.

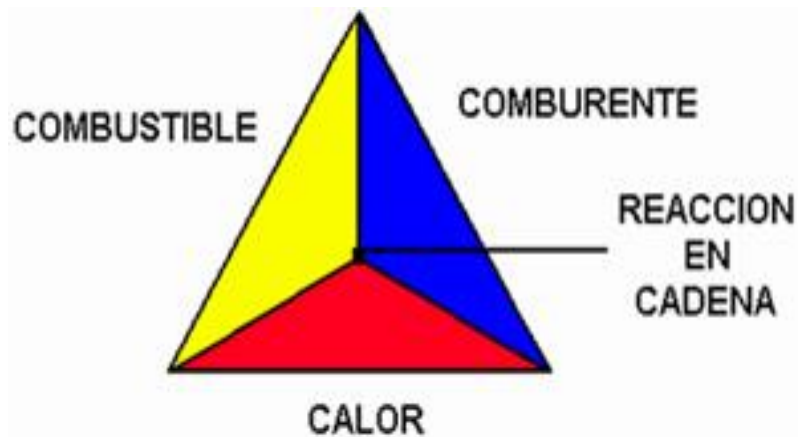


Figura 7. Tetraedro del fuego de reacción en cadena.  
Fuente: Teoría del fuego. 2018.

### 2.2.1 Tipos de fuego

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010 (Social, 2010), publicado en el Diario Oficial el jueves 9 de Diciembre de 2010 (Primera Sección) los fuegos se clasifican de la siguiente manera:

**Clase A:** Son los que ocurren en general en materiales que se encuentran en estado físico sólido tales como madera, papel, cartón y diversos plásticos, los neumáticos, las telas y otros combustibles sólidos ordinarios como trapo, viruta, papel, basura, etc. Cuando se produce un fuego al quemarse el material sólido, se agrieta, produce cenizas y brasas.

**Clase B:** Son aquellos que se producen en la mezcla de un gas, como gasolina, aceite, combustible y productos derivados del petróleo así como también gases como el butano, propano, etc., con el aire; o con la mezcla de los vapores que se desprenden de la superficie de los líquidos inflamables, como la gasolina, aceites, grasas, solventes, etc.

**Clase C:** Son aquellos que involucran algún equipo eléctrico energizado por ejemplo: electrodoméstico de cocina, computadoras, televisores u otros tipos de equipos eléctricos.

**Clase D:** Son los que se presentan en cierto tipo de metales combustibles, tales como polvos virutas de aleaciones de metales livianos como el magnesio, titanio, sodio, litio, potasio, aluminio, o zinc en polvo.

Magnesio: Podemos encontrar este material, por ejemplo, en nuestro coche. Puede arder hasta una temperatura de 3000 grados y cuando le cae agua reacciona transformándose en hidrógeno. Cuando empieza a arder, desprende una luz muy intensa y calor.

**Clase K:** Los incendios de clase K son los generados con aceites vegetales, grasas, cochambre, etc. El Aceite de oliva, es el más utilizado en la cocina y el principal causante de los pequeños y grandes incendios en el hogar. Cualquier descuido puede acabar en tragedia. Cuando sobrepasa los 250 grados puede empezar a arder. Si el incendio es pequeño, por ejemplo, cuando arde una sartén, podemos apagarlo simplemente, eliminando el oxígeno con una tapa, un paño húmedo o una manta ignífuga. Si es mayor, necesitaremos un extintor especial.

*Recomendación: nunca usar agua para apagarlo ya que puede empeorar la situación provocando una gran llamarada.*

### 2.3 Causas de un Incendio

Hay infinidad de causas pero a continuación se mencionaran las más habituales. (incendios, 2010)

- **Naturaleza:** La propia naturaleza es el causante de la mayoría de incendios forestales. Por ejemplo, dejar cristales en el campo puede causar un efecto de lupa y provocar un incendio, otra son los rayos, los volcanes, etc.
- **Causas humanas:** Estas son desde una mala vigilancia de los montes hasta un fuego por azar la carne pasando por dejar basura en el campo, tirar colillas encendidas.
- **Electricidad:** Es el causante de muchísimos incendios debido a sobrecargas, corto circuito, etc.
- **Gases inflamables:** Estos pueden explotar al mezclarse con el oxígeno del aire.
- **Líquidos inflamables:** Estos líquidos son los que desprenden gases inflamables lo cual pueden llegar a producir una explosión y por tanto un incendio.
- **Electricidad estática:** Puede llegar a provocar un incendio porque al frotar dos elementos se produce electricidad estática si en ese frotamiento aparecen además chispas la mezcla

de ambas cosas provocan el fuego. En estos casos es importantísimo usar tomas de tierra para evitar dicha electricidad.

- **Electricidad estática:** Puede llegar a provocar un incendio porque al frotar dos elementos se produce electricidad estática y si en ese frotamiento aparecen además chispas la mezcla de ambas cosas provocan el fuego.

### 2.3.1 Etapas en el desarrollo de un incendio

El desarrollo de un incendio no siempre se genera de igual manera, el mismo pasa por diferentes etapas de desarrollo, las cuales, si somos conscientes de las mismas, y tomamos las correspondientes medidas de prevención y seguridad, nos permitirá interrumpir el crecimiento del mismo a tiempo.

**Etapas inicial (Incipiente):** Se caracteriza porque no hay llamas, o las mismas son pequeñas, poco humo y la temperatura es baja; se genera gran cantidad de partículas de combustión, las cuales son expulsadas hacia el techo del material en combustión en forma de gas (industries, 2015). Esta etapa es prolongada.

**Etapas de Combustión:** Momento que se produce el fuego como tal, el mismo se puede propagar a todos los materiales combustibles que se encuentran al alcance, ya que entran en combustión inmediata. Etapa que produce una rápida destrucción y rápida propagación. Se encuentra una mayor cantidad de humo y llamas, oxígeno reducido y altas temperaturas.

**Etapas latente:** Etapa caracterizada por escaso oxígeno, no presenta llama, o poca llama, denso humo y alta temperatura y aumenta la presión, los cuales pueden desencadenar el fuego en materiales combustibles que no ardieran anteriormente; comienza a aumentar la cantidad de partículas de carbono en combustión hasta hacerse visibles; ahora conociéndose como humo. La duración de esta etapa también es variable.

### 2.3.2 Definición de incendio en túneles

Los incendios en túneles cuentan con una serie de particularidades de lo cual el incendio producido dentro de un túnel depende en gran medida de los vehículos implicados en el mismo. Los materiales con los que han sido fabricados o que son transportados influyen de forma decisiva.



Sin embargo, para poder definir las características del incendio es necesario emplear diversas magnitudes que lo cuantifiquen de forma global.

- **Potencia:** El fuego se caracteriza principalmente por la potencia calorífica liberada (Kcal). Los valores máximos de la potencia calorífica disipada por el foco de incendio dependen de las condiciones de ventilación existentes.
- **Emisión de humo:** Otro parámetro empleado para el dimensionamiento de la ventilación es el volumen de humos ( $m^3/seg$ ) producido durante el mismo.
- **Temperatura:** La temperatura máxima que se puede obtener depende en gran medida de las condiciones de ventilación y la geometría del túnel.
- **Evolución temporal del incendio:** Esta es la más importante que los niveles máximos que pueden darse en el foco ya que, los tiempos transcurridos desde el inicio determinan la posibilidad de salvamento de los usuarios involucrados en el incidente.
- **Flashover<sup>5</sup>:** Esta combustión se produce cuando en un incendio hay un aumento repentino de la velocidad de propagación. Esto es debido a la súbita combustión de todas las superficies o materiales combustibles que hasta el momento no estaban implicadas en el incendio, pero que comienzan a arder como consecuencia de la radiación proveniente de las llamas. Si el incendio se produce en espacios cerrados (como lo es en los túneles), los gases acumulados en las proximidades del combustible, con una temperatura elevada, emiten energía por radiación<sup>6</sup>, la cual contribuye a gasificar el combustible existente incrementando la temperatura del foco. En caso de que el incendio se produjese al aire libre, el calor generado por el incendio se dispararía.

### 2.3.3 Movimiento de humo en túneles

El comportamiento de los humos en un túnel es muy importante a la hora de la extracción y de las estaciones de extinción del incendio. Normalmente, en ausencia de un sistema de ventilación en el túnel, la capa de humo se estratifica de forma simétrica a ambos lados del foco del incendio,

---

<sup>5</sup> Flashover: Es un fenómeno que se observa en incendios confinados en los cuales de forma repentina todas las superficies combustible, comienzan a arder a consecuencia de la radiación provenientes de las llamas que recorren el techo.

<sup>6</sup> Energía de radiación: Es la transferencia de calor por radiación electromecánica. La energía transmitida por esta vía es emitida en un lugar y absorbida en otro. Los tipos de radiación dependen de los cuerpos que los emiten.

siempre y cuando no exista inclinación en el túnel, en cuyo caso, los humos tenderán a subir por la pendiente. Este fenómeno es perjudicial a la hora de intentar acceder al foco del incendio para poder extinguirle.

Cuando tenemos una corriente de aire que va en una dirección, los humos tenderán en primera aproximación a seguir esta corriente de aire, este seguimiento se realizará en mayor o menor medida según la magnitud de la velocidad de esta corriente de aire. En el caso de que el humo de la capa caliente retroceda oponiéndose a esta velocidad del aire diremos que se está produciendo el Backlayering (también conocido como “back-flow”) es el nombre que se le da al fenómeno cuando se observa que el humo de un incendio se mueve en contra de la dirección del flujo de aire en el túnel. En la **figura 8.**, se observa la dinamica del incendio dentro de un túnel.

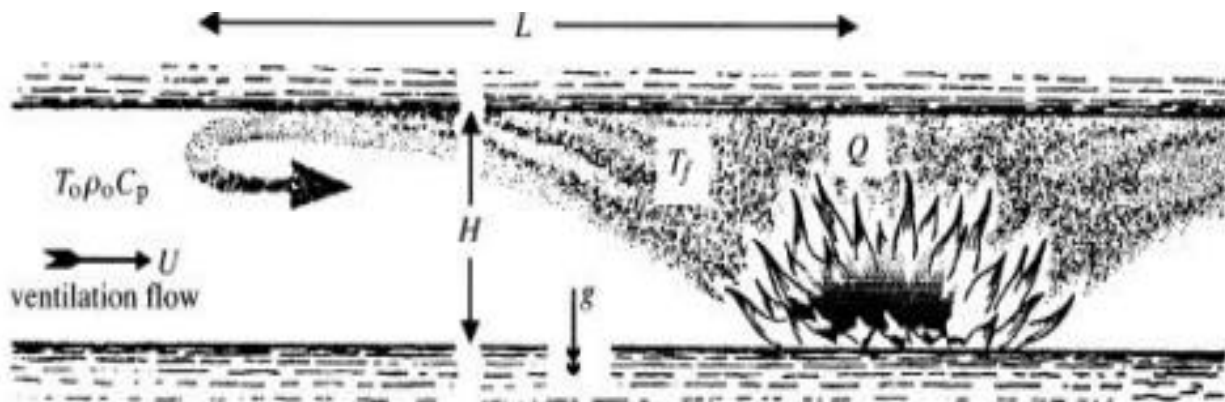


Figura 8. Backlayering en un túnel de fuego.  
Fuente: Tamaño de fuego en túneles. Richard Oswald Carvel. Septiembre de 2014

En los incendios producidos en los túneles, de la velocidad crítica,  $V_c$  se define como la velocidad longitudinal mínima necesaria para prevenir el Backlayering<sup>7</sup>.

### 2.3.4 Velocidad crítica

Ante un incendio dentro de un túnel de dirección única frecuentemente adoptan un sistema de ventilación longitudinal, la corriente de aire tendera a arrastrar los humos en la dirección del flujo

<sup>7</sup> Backlayering, es el retroceso de los humos calientes en dirección contraria a la dirección del viento o de la corriente al aire aplicada. Se producen principalmente en incendios en los tuneles.

de aire. Este sistema entra en acción para crear una zona sin humos arriba del fuego para posibilitar la evacuación y la lucha contra las llamas.

Si la velocidad de la ventilación es baja, el humo producido desde el fuego puede extenderse en la dirección corriente arriba contra el sentido de la ventilación. La velocidad crítica es la velocidad mínima requerida en el sistema de ventilación para eliminar el retroceso del humo y forzarle a moverse aguas abajo.

Las técnicas actuales para predecir la velocidad crítica están basados en situaciones con semejanza parcial y datos experimentales, complementados con cálculos numéricos.

## 2.4 Métodos de evaluación de riesgos

Hay diversos métodos de análisis y evaluación de riesgos, tanto cuantitativos como cualitativos, unos más específicos, otros con alta complejidad y otros muy sencillos. Las metodologías para el análisis y evaluación de riesgos nos presentan una estructura sistemática para el análisis de fallas de los procesos de un sistema, zonas de almacenamiento y transporte, entre otros.

Muchos de estos ofrecen en sí mismos la observación de causas lo cual permite llevar a cabo una exhaustiva explicación y valoración de los riesgos que permita tomar decisiones preventivas y correctivas.

A continuación se mencionan algunos métodos más comúnmente empleados en la evaluación de riesgos. (Soler Aguiano Francisca Irene, 2009).

1. Métodos cualitativos: Específicos de evaluación de riesgos mayores y todo tipo de riesgos de accidente en general. Se caracteriza por no recurrir a cálculos numéricos. Pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.
  - Lista de verificación (Check List):
2. Métodos simplificados de evaluación de riesgos:
  - ✓ Valoración simple
  - ✓ Método binario
  - ✓ Método William T. Fine
3. Métodos complejos de evaluación de riesgos

- ✓ ¿What if? (¿Qué pasa sí?): plantea las posibles desviaciones, el funcionamiento o desempeño, usando la pregunta ¿qué pasa si? Requiere que se conozca el sistema en estudio, para conocer las razones de las desviaciones posibles. Como resultado se tiene los posibles escenarios, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción o eliminación de riesgos.
  - ✓ Análisis de modo de falla y efecto (FMEA): es un método que funciona de forma inductiva, con el fin de disminuir el riesgo de manera sistemática los puntos débiles de productos, procesos y servicios, para cuantificar y evaluar el riesgo. No considera errores humanos.
  - ✓ Análisis de peligro y operabilidad (HAZOP): es una técnica de control y evaluación de riesgos, basado en que estos se producen como consecuencia de una desviación de las variables del proceso. Lo debe realizar la persona que conozcan el sistema de evaluación.
  - ✓ Índice de Mond y Dow
4. Métodos cualitativos específicos para el cálculo del riesgo de incendio
- ✓ Riesgo intrínseco
  - ✓ Gretener
  - ✓ Gustav-Purt
  - ✓ Meseri
  - ✓ PML-EML
  - ✓ FRAME
5. Métodos cuantitativos
- ✓ Arboles de falla: es un análisis deductivo que centra su atención en un accidente particular o en una falla del sistema y suministra un método gráfico para determinar las causas de este evento. Este árbol es un modelo gráfico que representa las diferentes combinaciones de fallas de equipo y errores humanos que pueden resultar en la falla principal de interés en sistema-evento tope. Se usan símbolos para los eventos y relaciones.

- ✓ Análisis de árbol de sucesos: es un método inductivo que describe la evolución de un suceso iniciador sobre la base de la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas.
- ✓ Matriz de riesgos: es una herramienta de gestión que permite determinar objetivamente cuáles son los riesgos relevantes para la seguridad y salud de los trabajadores que enfrenta una organización. Sirve para analizar el nivel de riesgo presente en los trabajos, para comparar por nivel de riesgo diferentes tareas, para proponer acciones concretas para disminuir los riesgos y para estimar el impacto que estas acciones tendrán sobre el nivel de riesgo de los trabajadores.

## 2.5 Marco Legal de Seguridad en el Metro

Para poder tomar decisiones sobre seguridad de cualquier sistema productivo, es necesario conocer las leyes, reglamentos y normas así como las diferencias dependientes de donde emanan y que se encargan de regular su aplicación.

### 2.5.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la ley máxima que rige la vida económica, social y política en México. La Constitución contiene los principios y objetivos de la nación. Establece la existencia de órganos de autoridad, sus facultades y limitaciones, así como los derechos de los individuos y las vías para hacerlos efectivos.

A continuación se mencionan algunos artículos sobre los derechos de los individuos. (profedet, 2018).

ART. 123 Toda persona tiene derecho al trabajo digno y socialmente útil; al efecto, se promoverán la creación de empleos y la organización social para el trabajo, conforme a la ley.

XIV. Los empresarios serán responsables de los accidentes del trabajo y de las enfermedades profesionales de los trabajadores, sufridas con motivo o en ejercicio de la profesión o trabajo que ejecuten; por lo tanto, los patronos deberán pagar la indemnización correspondiente, según que haya traído como consecuencia la muerte o simple incapacidad temporal o permanente para trabajar, de acuerdo con lo que las leyes determinen.

XV. El patrón estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las maquinas, instrumentos y materiales de trabajo. Las leyes contendrán, al efecto, las sanciones procedentes en cada caso.

## 2.6 Ley Federal del Trabajo

La Ley Federal del Trabajo es la rectora del derecho laboral. Se trata del resultado de la evolución jurídica de las consideraciones legales necesarias para regular el trabajo: garantizar la seguridad de los trabajadores, sus derechos y deberes. (General, 2006).

**Artículo 473.-** Riesgos de trabajos son los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo.

**Artículo 474.-** Accidente de trabajo es toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se preste.

**Artículo 475 Bis.-** El patrón es responsable de la seguridad e higiene y de la prevención de los riesgos en el trabajo, conforme a las disposiciones de esta Ley, sus reglamentos y las normas oficiales mexicanas aplicables.

**Artículo 476.-** Serán consideradas en todo caso enfermedades de trabajo las que determine esta Ley y, en su caso, la actualización que realice la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

**Artículo 478.-** Incapacidad temporal es la pérdida de facultades o aptitudes que imposibilita parcial o totalmente a una persona para desempeñar su trabajo por algún tiempo.

**Artículo 479.-** Incapacidad permanente parcial es la disminución de las facultades o aptitudes de una persona para trabajar.

**Artículo 480.-** Incapacidad permanente total es la pérdida de facultades o aptitudes de una persona que la imposibilita para desempeñar cualquier trabajo por el resto de su vida.

**Artículo 504.-** Los patrones tienen las obligaciones especiales siguientes:

I. Mantener en el lugar de trabajo los medicamentos y material de curación.

II. Cuando tenga a su servicio más de cien trabajadores, establecer una enfermería, dotada con los medicamentos y material de curación necesarios para la atención médica y quirúrgica de urgencia.

III. Cuando tengan a su servicio más de trescientos trabajadores, instalar un hospital, con el personal médico y auxiliar necesario;

IV. Previo acuerdo con los trabajadores, podrán los patrones celebrar contratos con sanatorios u hospitales ubicados en el lugar en que se encuentre el establecimiento o a una distancia que permita el traslado rápido y cómodo de los trabajadores.

V. Dar aviso escrito o por medios electrónicos a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, al Inspector del Trabajo y a la Junta de Conciliación y Arbitraje, dentro de las 72 horas siguientes, de los accidentes que ocurran,

**Artículo 508.-** La causa de la muerte por riesgo de trabajo podrá comprobarse con los datos que resulten de la autopsia, cuando se practique, o por cualquier otro medio que permita determinarla.

**Artículo 509.-** En cada empresa o establecimiento se organizarán las comisiones de seguridad e higiene que se juzgue necesarias, compuestas por igual número de representantes de los trabajadores y del patrón.

**Artículo 513.-** La Secretaría del Trabajo y Previsión Social, previa opinión de la Comisión Consultiva Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, actualizará las tablas de enfermedades de trabajo y de evaluación de las incapacidades permanentes resultante de los riesgos de trabajo.

### **2.6.1 Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo**

Este reglamento tiene por objeto establecer las disposiciones en materia de seguridad y salud en el trabajo que deberán observarse en los centros de trabajo, a efecto de contar con las condiciones que permitan prevenir riesgos y, de esta manera garantizar a los trabajadores el derecho a desempeñar sus actividades en entornos que aseguren su vida y salud.

**Artículo 17.** Se establecen las disposiciones generales para la seguridad en el trabajo que deberán observarse en las materias siguientes:

I. Edificios, locales, instalaciones y áreas de trabajo;

II. Prevención y protección contra incendios;

III. Utilización de maquinaria, equipo y herramientas;

**Artículo 18.** En relación con los edificios, locales, instalaciones y áreas en los Centros de Trabajo, ya sean temporales o permanentes, los patrones deberán:

I. Edificarlos conforme a las disposiciones reglamentarias en materia de construcción y las Normas pertinentes;

II. Asegurarse de que soporten las cargas fijas o móviles que correspondan a las actividades que en ellos se desarrollen;

III. Disponer de espacios seguros y delimitados en las zonas de producción, mantenimiento, circulación de personas y vehículos, almacenamiento y servicio para los trabajadores;

IV. Señalizar las áreas donde existan Riesgos;

XIV. Llevar los registros sobre la ejecución del programa específico de mantenimiento de las instalaciones del Centro de Trabajo.

**Artículo 19.** Para la prevención y protección contra incendios, los patrones deberán:

I. Clasificar el Riesgo de incendio del Centro de Trabajo, de modo integral o por áreas específicas;

II. Contar con los medios de detección y equipos contra incendio, así como con sistemas fijos de protección y alarmas de incendio, de conformidad con lo que señala la Norma respectiva;

III. Establecer y dar seguimiento a un programa de revisión a extintores;

IV. Establecer y dar seguimiento a un programa de revisión a los medios de detección y equipos contra incendio, al igual que los sistemas fijos de protección y alarmas de incendio;

V. Establecer y dar seguimiento a un programa de revisión a las instalaciones eléctricas y de gas licuado de petróleo y natural;

VI. Contar con la señalización pertinente en las áreas donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias inflamables o explosivas;



VII. Contar con instrucciones de seguridad para la prevención y protección de incendios al alcance de los trabajadores;

VIII. Contar con un croquis, plano o mapa general del Centro de Trabajo, o por áreas que lo integran, que identifique al menos las principales áreas o zonas con Riesgo de incendio, la ubicación de los medios de detección de incendio y de los equipos y sistemas contra incendio, así como las rutas de evacuación;

X. Adoptar medidas de seguridad para prevenir la generación y acumulación de electricidad estática en las áreas donde se manejen sustancias inflamables o explosivas;

XI. Contar con un plan de atención a emergencias de incendio;

XII. Disponer de rutas de evacuación que cumplan con las medidas de seguridad dispuestas por la Norma de la especialidad;

XIII. Contar con brigadas contra incendio en los Centros de Trabajo, cuando así lo exija la Norma aplicable;

XIV. Desarrollar simulacros de emergencias de incendio;

XV. Proporcionar el Equipo de Protección Personal a las brigadas contra incendio;

XVI. Capacitar y adiestrar a los trabajadores y, en su caso, a los integrantes de las brigadas contra incendio, y

XVII. Llevar los registros sobre los resultados de los programas de revisión y pruebas, así como de los simulacros de emergencias de incendio.

**Artículo 20.** Para la utilización de maquinaria, equipo y herramientas, los patrones deberán:

I. Elaborar un estudio para analizar el Riesgo a que están expuestos los trabajadores;

II. Contar con un programa específico para su revisión y mantenimiento;

III. Contar con los procedimientos para su operación y mantenimiento;

VI. Proporcionar el Equipo de Protección Personal requerido para su operación;

VIII. Capacitar y adiestrar a los trabajadores para su operación segura, y

IX. Llevar los registros sobre los resultados de su revisión y mantenimiento.

**Artículo 35.** En relación con la iluminación del Centro de Trabajo, los patrones deberán:

I. Establecer y dar seguimiento a un programa específico de mantenimiento a luminarias y, en su caso, a los sistemas de iluminación de emergencia;

II. Disponer de sistemas de iluminación de emergencia, en caso de ser necesario;

III. Efectuar el Reconocimiento de las condiciones de iluminación de las áreas y puestos de trabajo;

VII. Informar a los trabajadores sobre los Riesgos que puede provocar el deslumbramiento o un deficiente nivel de iluminación en sus áreas y puestos de trabajo,

VIII. Llevar los registros sobre el Reconocimiento, Evaluación y Control de las condiciones de iluminación.

**Artículo 44.** Se establecen las disposiciones organizacionales para la Seguridad y Salud en el Trabajo de carácter general, que deberán observarse en los temas siguientes:

I. Comisiones de Seguridad e Higiene;

II. Servicios Preventivos de Seguridad y Salud en el Trabajo;

III. Servicios Preventivos de Medicina del Trabajo;

IV. Selección y uso del Equipo de Protección Personal;

**Artículo 48.** Para la prestación de los Servicios Preventivos de Seguridad y Salud en el Trabajo, los patrones deberán:

I. Contar con un Diagnóstico de Seguridad y Salud en el Trabajo;

II. Contar con un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo,

III. Instruir que se incorporen al Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo:

a) Las Acciones Preventivas y Correctivas por instrumentar para cada Riesgo identificado en el citado diagnóstico;

b) Las acciones y programas para promover la salud de los trabajadores y prevenir las adicciones que recomienden o dicten las autoridades competentes.

c) Las acciones pertinentes para la atención a emergencias y contingencias sanitarias que recomienden o dicten las autoridades competentes;

IV. Designar a un responsable, interno o externo, para prestar los Servicios Preventivos de Seguridad y Salud en el Trabajo;

V. Dar seguimiento a los avances en la instauración del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo;

VI. Hacer del conocimiento de la Comisión de Seguridad e Higiene y de los trabajadores, el Diagnóstico de Seguridad y Salud en el Trabajo y el contenido del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo;

VII. Capacitar al personal del Centro de Trabajo que forme parte de los Servicios Preventivos de Seguridad y Salud en el Trabajo para el adecuado desempeño de sus funciones, y

VIII. Llevar los registros del seguimiento a los avances en la instauración del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Los diversos estudios y análisis de Riesgos requeridos por este Reglamento que resulten aplicables, habrán de formar parte del Diagnóstico de Seguridad y Salud en el Trabajo, a que alude la fracción I anterior

### **2.6.2 Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene**

Son una serie de normas o reglas cuyo objetivo es asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas en el diseño, producción o servicio de los bienes de consumo entre personas morales o físicas. A continuación se mencionan algunas normas. Ver **tabla 2.** (gob.mx, 2018)

*Tabla 2. Normas oficiales mexicanas.*

<b>Clave</b>	<b>Nombre</b>	<b>Objetivo</b>
<b>NOM -154-SCFI – 2017</b>	Equipos contra incendios, extintores, servicio de mantenimiento y recarga.	Establece los requerimientos y procedimientos con que se debe cumplir en el servicio de mantenimiento y recarga de extintores portátiles y móviles sobre ruedas sin locomoción propia, a fin de garantizar su correcto funcionamiento durante el combate de fuegos incipientes de acuerdo a su diseño.
<b>NOM-002-STPS-2010</b>	Condiciones de seguridad, prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.	Establecer los requerimientos para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
<b>NOM-004-STPS-1999</b>	Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.	Establecer las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.
<b>NOM-017-STPS-2008</b>	Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo.	Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.
<b>NOM-019-STPS-2011</b>	Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene.	Establecer los requerimientos para la constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.
<b>NOM-025-STPS-2008</b>	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	Establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada

		actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.
<b>NOM-026-STPS-2008</b>	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.	Establecer los requerimientos en cuanto a los colores y señales de seguridad e higiene y la identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
<b>NOM-029-STPS-2011</b>	Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo, condiciones de seguridad.	Establecer las condiciones de seguridad para la realización de actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo, a fin de evitar accidentes al personal responsable de llevarlas a cabo y a personas ajenas a dichas actividades que pudieran estar expuestas.
<b>NOM -030-STPS –2009</b>	Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo- funciones y actividades.	Establecer las funciones y actividades que deberán realizar los servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir accidentes y enfermedades de trabajo.
<b>NOM-001-STPS-2008</b>	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo condiciones de seguridad.	Establecer las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores.

*Fuente: Elaboración propia.*




## 2.7 Extintores

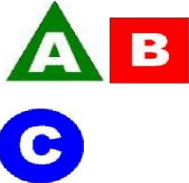
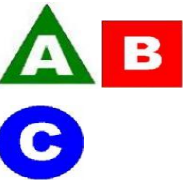


### 2.7.1 Tipo y clasificación de extintores


Los extintores son elementos portátiles destinados a la lucha contra fuegos incipientes, o principios de incendios, los cuales pueden ser dominados y extinguidos en forma breve. A continuación se

listaran los extintores más comunes y la clasificación según la clase de fuego para los cuales resultan aptos. Ver **tabla 3.** (INDUSTRIAL, 2018)

Tabla 3. Extintores más comunes y la clasificación según la clase de fuego.

<b>Tipo y clasificación de los extintores</b>	
<b>Tipos de extintores</b>	<b>Uso</b>
Extintores de agua 	El agua es un agente físico que actúa principalmente por enfriamiento. Por el gran poder de absorción de calor que posee, y secundariamente actúa por sofocación, pues el agua se evapora a las elevadas temperaturas de la combustión, expande su volumen en aproximadamente 1671 veces, desplazando el oxígeno y los vapores de la combustión. Son aptos para fuego de la clase A.
Extintores de espuma (AFFF) 	Actúan por enfriamiento y por sofocación, pues la espuma genera una capa continua de material acuoso que desplaza el aire, enfría e impide el escape de vapor con la finalidad de detener o prevenir la combustión. Si bien hay distintos tipos de espumas, los extintores más usuales utilizan AFFF, que es apta para hidrocarburos. Estos extintores son aptos para fuegos de la clase A y fuegos de la clase B.
Extintores de dióxido de carbono 	Debido a que este gas está encerrado a presión dentro del extintor, cuando es descargado se expande abruptamente. Como consecuencia de esto, la temperatura del agente desciende drásticamente, hasta valores que están alrededor de los $-79^{\circ}\text{C}$ , lo que motiva que se convierta en hielo seco, de ahí el nombre que recibe esta descarga de "nieve carbónica". Esta niebla al entrar en contacto con el combustible lo enfría. También hay un efecto secundario de sofocación por desplazamiento del oxígeno. Se utiliza en fuegos de la clase B y de la clase C, por no ser conductor de la electricidad. En fuegos de la clase A, se puede utilizar si se lo complementa con un extintor de agua, pues por sí mismo no consigue extinguir el fuego de arraigo. En los líquidos combustibles hay que tener cuidado en su aplicación, a los efectos de evitar salpicaduras.

<p>Extintores de Polvo químico seco triclase ABC</p> 	<p>Actúan principalmente químicamente interrumpiendo la reacción en cadena. También actúan por sofocación, pues el fosfato monoamónico del que generalmente están compuestos, se funde a las temperaturas de la combustión, originando una sustancia pegajosa que se adhiere a la superficie de los sólidos, creando una barrera entre estos y el oxígeno. Son aptos para fuegos de la clase A, B y C.</p>
<p>Extintores a base de reemplazantes de los halógenos (Haloclean y Halotron I)</p> 	<p>Actúan principalmente, al igual que el polvo químico, interrumpiendo químicamente la reacción en cadena. Tienen la ventaja de ser agentes limpios, es decir, no dejan vestigios ni residuos, además de no ser conductores de la electricidad. Son aptos para fuegos de la clase A, B y C.</p>
<p>Extintores a base de polvos especiales para la clase D</p> 	<p>Algunos metales reaccionan con violencia si se les aplica el agente extintor equivocado. Existe una gran variedad de formulaciones para combatir los incendios de metales combustibles o aleaciones metálicas. No hay ningún agente extintor universal para los metales combustibles, cada compuesto de polvo seco es efectivo sobre ciertos metales y aleaciones específicas. Actúan en general por sofocación, generando al aplicarse una costra que hace las veces de barrera entre el metal y el aire. Son solamente aptos para los fuegos de la clase D.</p>
<p>Extintores a base de agua pulverizada</p> 	<p>La principal diferencia como los extintores de agua comunes, es que poseen una boquilla de descarga especial, que produce la descarga del agua en finas gotas (niebla), y que además poseen agua destilada. Todo esto, los hace aptos para los fuegos de la clase C, ya que esta descarga no conduce la electricidad. Además tienen mayor efectividad que los extintores de agua comunes, por la vaporización de las finas gotas sobre la superficie del combustible, que generan una mayor absorción de calor y un efecto de sofocación</p>

	mayor (recordar que el agua al vaporizarse se expande en aproximadamente 1671 veces, desplazando oxígeno). Son aptos para fuegos de la clase A y C.
Extintores para fuegos de la clase K a base de acetato de potasio 	Son utilizados en fuegos que se producen sobre aceites y grasas productos de freidoras industriales, cocinas, etc. El acetato de potasio se descarga en forma de una fina niebla, que al entrar en contacto con la superficie del aceite o grasa, reacciona con este produciéndose un efecto de saponificación, que no es más que la formación de una espuma jabonosa que sella la superficie separándola del aire.

Fuente: Extintores más comunes y la clasificación según la clase de fuego. Elaboración propia.

### Forma de uso de un extintor portátil

- Sáquelo de su soporte.
- Diríjase al lugar donde se está generando el foco caminando.
- Ubíquese a favor del viento si es en el exterior o bien a favor de las corrientes de aire si es en el interior de una oficina o habitación.
- Quite el anillo de seguridad ubíquese a una distancia de 1,50 metros. Ver **figura 9**.



Figura 9. Uso de extintor, como quitar el anillo de seguridad.

Fuente: Forma de uso de un extintor portátil.



- Con una mano tome la válvula de descarga y con la otra, la manguera
- Presione la manilla de presión apuntando a la base del fuego. Ver **figura 10**.



*Figura 10. Presione la manilla de presión apuntando a la base de fuego.*

Fuente: Forma de uso de un extintor portátil.

- Apriete la válvula de descarga dirigiendo el chorro del agente extintor a la base de la llama si es fuego clase " A ", haga un barrido comenzando desde un extremo a otro si es fuego clase " B".
- Utilice la carga necesaria para apagar las llamas.
- Una vez apagado el fuego, retírese del lugar retrocediendo, ya que el fuego puede reaparecer
- Avise a quién corresponda para enviar de inmediato a recargar el equipo utilizado.

### **Seguridad**

- No colocar el extintor en el suelo.
- Debe colocarse a una altura mínima de 1.30 metros sobre el piso.

- Debe colocarse en un rectángulo rojo y a la vista de todos.

## 2.8 Hidrantes

Un hidrante consiste en un punto de captación de agua específico para los bomberos, que tienen la presión y caudal suficiente para que puedan ser abastecidos cuando lo precisan. La recomendación sería contar con una boca de riego por cada 200 metros. (Seguridad, 2018).

El número de conexiones para mangueras, o hidrantes, dependen principalmente del diseño del edificio. En general, en los códigos y normas se emplean dos puntos de vista para determinar la ubicación de las conexiones.

El primer método llamado de “longitud real”: sitúa las conexiones para mangueras de modo que haya suficientes para llegar a todas las partes de las zonas protegidas con mangueras de diferentes longitudes de largo. Esta distancia se debe medir teniendo en cuenta los obstáculos que presentan las paredes y mamparas para el tendido de la manguera.

El segundo método se conoce como “localización de las salidas”: sitúa las conexiones para mangueras según la distribución de salidas del edificio. Con este método, las conexiones para mangueras se colocan cerca de las puertas que llevan a las escaleras de salida, salidas horizontales y, en el caso de galerías comerciales, cerca de las salidas a las vías de extracción. Como las salidas tienen que estar distribuidas en el edificio para que proporcionen un medio adecuado de extracción, las conexiones para mangueras estarán adecuadamente distribuidas, situándolas cerca de los puntos de salida.

**Componentes:** Toda red fija de hidrantes cuenta con distintos componentes: lanzas, mangueras, nichos, gabinetes, válvulas, cañerías, accesorios, etc. Todos los elementos y accesorios utilizados deben encontrarse fabricados y homologados según normas reconocidas y aceptadas de ingeniería.

**Gabinetes y soportes para mangueras:** Los hidrantes que se encuentran equipados con mangueras son provistos de soportes apropiados para las mismas. El soporte más común es el formato por una medialuna de chapa soldada al gabinete.

Entre los factores que se deben tener en cuenta para seleccionar el tipo de soporte para la manguera figuran la cantidad y el grado de entrenamiento que poseen los potenciales usuarios de la

manguera. En los soportes del tipo semiautomático o de un solo hombre, primero se debe abrir completamente la válvula de la boca de incendio.

Luego se debe aferrar firmemente la lanza y arrastrar la manguera en dirección al fuego. El agua comienza a fluir en forma automática en la medida en que los últimos metros de la manguera son sacados del soporte. Ver **figura 11**.



*Figura 11. Gabinetes y mangueras para hidrantes.*  
Fuente: Gabinete y manguera contra incendio.

Los hidrantes tienen dos formas:

- Los encontramos de columna o aéreos-Los CHE o columna de Hidrante Exterior (que pueden ser Hidrantes de Columna Húmeda o Hidrantes de Columna Seca): se encuentra por encima de la tierra. (Seguridad, 2018).
- Hidrantes Bajo Rasante o en Arqueta: los vemos enterrados, yendo por debajo de la tierra y se identifican poniendo una placa en la acera. Tienen una mayor duración que los aéreos ya que no están expuestos a la acción de los vándalos. (Seguridad, 2018).

**Hidrante de columna seca:** Un hidrante debe al menos aportar una presión de 1 bar (*que es  $kg/cm^2$* ).

Equivalente a:  $1 \text{ bar} = 100.000 \text{ pascales} = 1,01972 = \text{es } kgf/cm^2$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pascales}$$

Frente a los hidrantes de columna seca presentan la ventaja de que la apertura de las válvulas se realiza de forma independiente en cada una de ellas, controlando el caudal de salida y posibilitando su reparación en caso de ser necesaria de forma individual en cada una de sus válvulas. La inoperatividad de una boca, no afecta sobre las demás.

**Hidrantes de columna húmeda:** Tienen válvulas individuales permitiendo así el uso independiente de cada una de las bocas contra incendios y están diseñados para cuando existen problemas de espacio, como en las aceras de las grandes ciudades.

Son la alternativa más eficiente y eficaz a los hidrantes de columna seca, ya que ofreciendo las mismas prestaciones de caudal, disponen de todo el mecanismo en la superficie, por lo que en caso de requerir reparación, no es necesario picar en el suelo para descubrir el mecanismo del hidrante. (PROINTEX, 2018)

### **2.8.1 Condiciones para la instalación de un hidrante**

La distancia entre la zona protegida y cada hidrante ha de estar comprendida entre los 5 y 15 metros. La distancia de un punto cualquiera del límite que se debe proteger y un Hidrante ha de ser inferior a 40 metros. La boca central se colocará en dirección perpendicular al edificio y a sus espaldas.

Es fundamental que el hidrante proporcione un caudal mínimo de 500l/m en cada boca, después de conectarle todos los equipos de intervención (mangueras, bifurcaciones, lanzas, etc.). En caso de que la instalación no esté conectada a una red general, debe haber una reserva de agua y grupo de presión adecuada que proporcione el caudal preciso durante el tiempo necesario.

### Capítulo 3. Metodología

Para lograr los objetivos propuestos, de este proyecto de investigación: “Estudio de las Condiciones de Seguridad Contra Incendios en el Metro Línea 3 Indios Verdes-Universidad, Caso Particular Estación Zapata” se llevará a cabo mediante investigación de tipo descriptiva, cualitativa y cuantitativa.

Como se enfoca en identificar los riesgos presente en el Sistema de Transporte Colectivo Metro, caso particular estación Zapata. La metodología propuesta consta de diferentes etapas y se aplican diferentes técnicas y herramientas, tanto cualitativas como cuantitativas.

En el siguiente diagrama se muestra la metodología de investigación planteada para el desarrollo del proyecto. Ver **figura 12**.

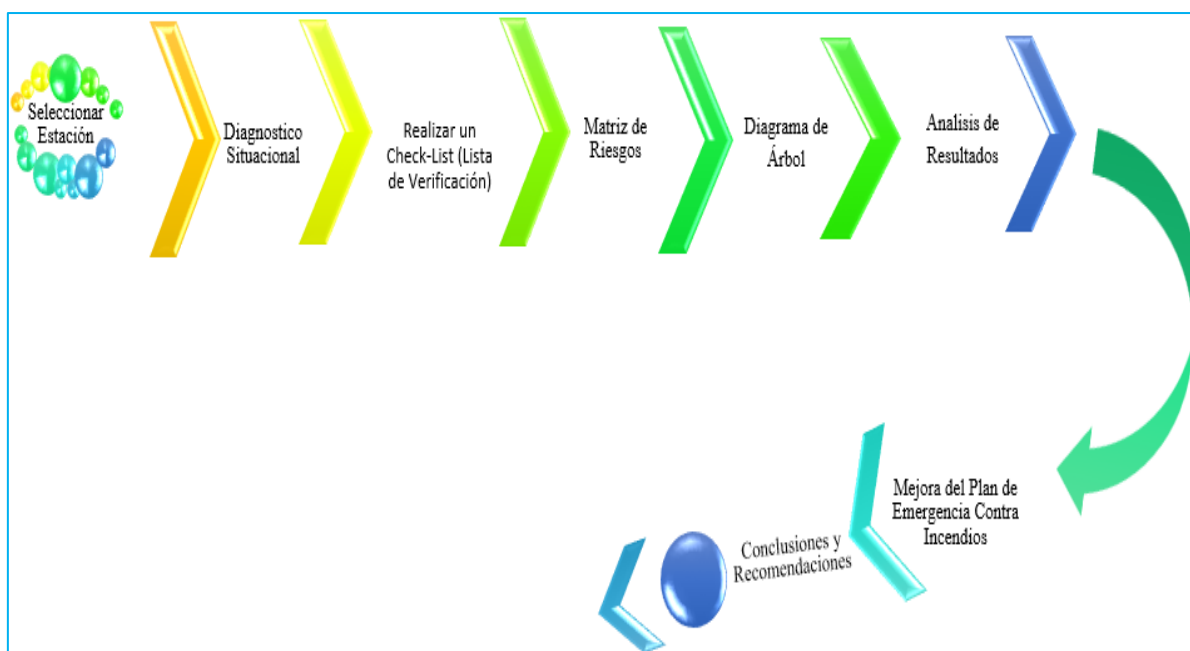


Figura 12. Metodología de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describen las fases que componen la metodología antes mencionada.

- **Fase 1.** Seleccionar una estación: La primera fase de la metodología, es Seleccionar una Estación de la Línea 3 del Metro dirección Indios Verdes-Universidad. Esto incluye determinar cuál es la estación a analizar y determinar cuáles son las problemáticas que hay.
- **Fase 2.** Diagnóstico situacional: En este apartado se diagnostica y evalúa la situación actual de la empresa en general (Sistema de Transporte Colectivo Metro, caso particular estación Zapata) analizando las instalaciones físicas de tipo descriptiva, cualitativa y cuantitativa Con la intención de identificar las problemáticas que pudieran afectar al usuario como a la empresa.
- **Fase 3.** Lista de verificación: Se realizara una lista de verificación para obtener la información más clara e identificar cuáles son los riesgos existentes en la estación.
- **Fase 4.** Matriz de riesgos: Después de la realización de la lista de verificación en la cuarta fase de la metodología se procede a la realización de la matriz de riesgos. Esto ayudara a determinar cuáles son los riesgos relevantes y estimar el impacto que estas acciones tienen sobre el nivel de riesgos de los usuarios, trabajadores y empresa.
- **Fase 5.** Diagrama de árbol: Con base a los resultados obtenidos en la matriz de riesgos, en la quinta fase de la metodología se procede a la realización del diagrama de árbol. Los resultados que se obtengan servirán para la identificación de los eventos no deseados en la estación del STC Metro.
- **Fase 6.** Análisis de resultados del Caso de Estudio: En esta fase se da una explicación de los resultados obtenidos del Estudio de las Condiciones de Seguridad Contra Incendios en el STC Metro.
- **Fase 7.** Mejora del plan de emergencia contra incendios: En esta fase, se establecerán los controles e implantación de una solución. Se proponen las alternativas que pudieran mitigar o controlar los riesgos.
- **Fase 8.** Conclusiones y recomendaciones: En esta última fase de acuerdo con los resultados del Estudio de las Condiciones de Seguridad Contra Incendios en el Metro de la Estación Zapata, se harán las recomendaciones que ayudarán a la empresa y a los usuarios en cuanto a la prevención de los riesgos.

### 3.1 Aplicación del Caso de Estudio

La investigación de trabajo de tesis se enfoca en el Estudio de las Condiciones de Seguridad Contra Incendios en el Sistema de Transporte Colectivo Metro Línea 3 Indios Verdes-Universidad, caso particular Zapata.

A continuación se desarrollaran las fases que componen la metodología antes mencionada.

#### 3.1.1 Seleccionar una estación

Se seleccionó la Estación Zapata del Metro, debido a que es una de las estaciones que conecta con la Línea 12 Mixcoac-Tláhuac. Que habitualmente transporta grandes cantidades de personas, además de que es una de las estaciones más larga que hay. Además de que es una de las estaciones en donde hace unos años implementaron líneas de señalizaciones de seguridad por lo que conlleva a que debe ser una estación que cumpla con la seguridad de las señalizaciones.

La estación Zapata de la línea 3 del Metro, se ubica en, ver **figura 13**.

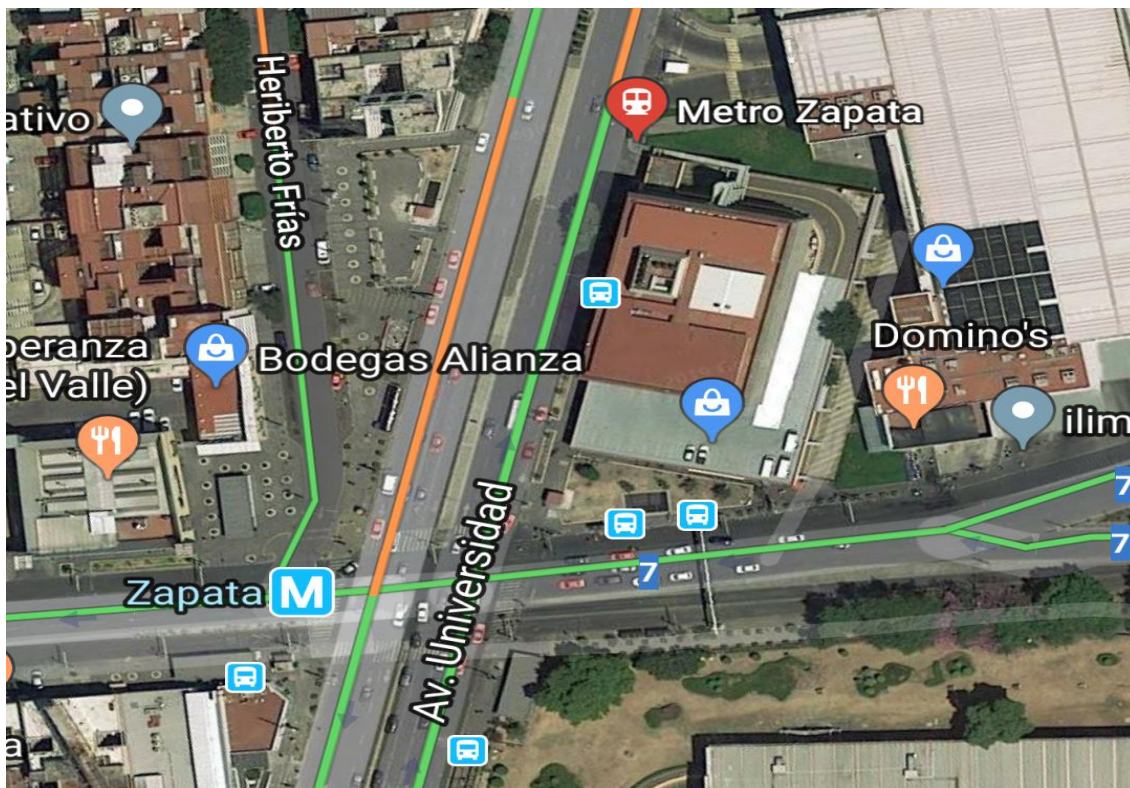


Figura 13. Ubicación de la estación Zapata, Línea 3 Indios Verdes-Universidad.

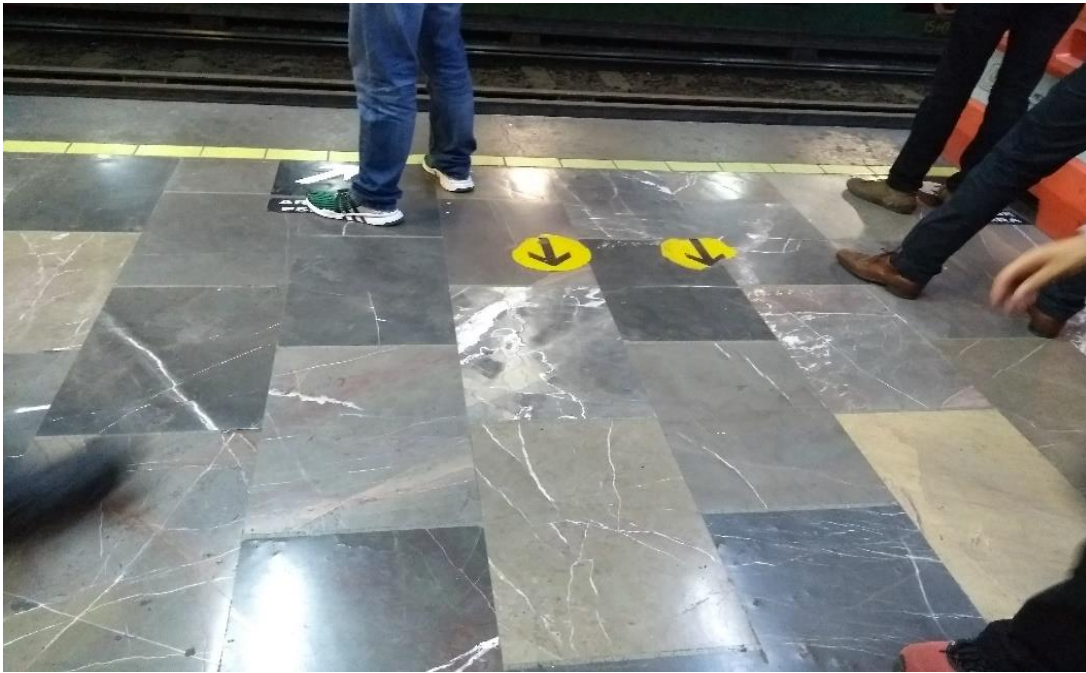
Fuente: (Maps, 2018).



### 3.1.2 Diagnóstico situacional

La Línea 3 del Metro Indios Verdes- Ciudad Universitaria cuenta con 21 estaciones de la cual se analiza la estación Zapata, esta es una estación subterráneas que no tiene muchos años que implementaron cierta seguridad en todos los aspectos, lo que conlleva a que debe ser una estación que cuente con todas las señalizaciones y seguridad posible, tanto para el usuario, el trabajador y la empresa.

Analizando la situación se observó lo siguiente: Ver **figura 14**.



*Figura 14. Delimitación del área de ascenso y descenso un poco borrosos.*  
Fuente: Foto tomada en la estación Zapata.

En la **figura 14**, se muestra el área de ascenso y descenso las señalizaciones están un poco borrosas lo cual ocasiona que los usuarios no respeten el área donde las personas que ascienden o descienden provocando grandes aglomeraciones e incomodidad entre usuarios al momento de abordar el andén.

En horas pico es cuando el Metro se sobre carga de gente, ocasionando que los usuarios se empujen al momento de abordar el andén, además de que por la sobre carga, el metro se va parando y en



cada parada que hace en el túnel es de aproximadamente 10 min. Provocando que la gente se empiece a desesperar.

En ocasiones el andén suele hacer fricción contra los rieles haciendo que este genere pequeñas chispas de fuego. Ver **figura 15**.



*Figura 15. Aglomeración de personas en horas pico*

Fuente: fotos tomadas en la estación Zapata

En la **figura 16**, se muestra la cantidad de usuarios que utilizan el Metro por trimestre del año 2018 y el primer trimestre del año 2019.

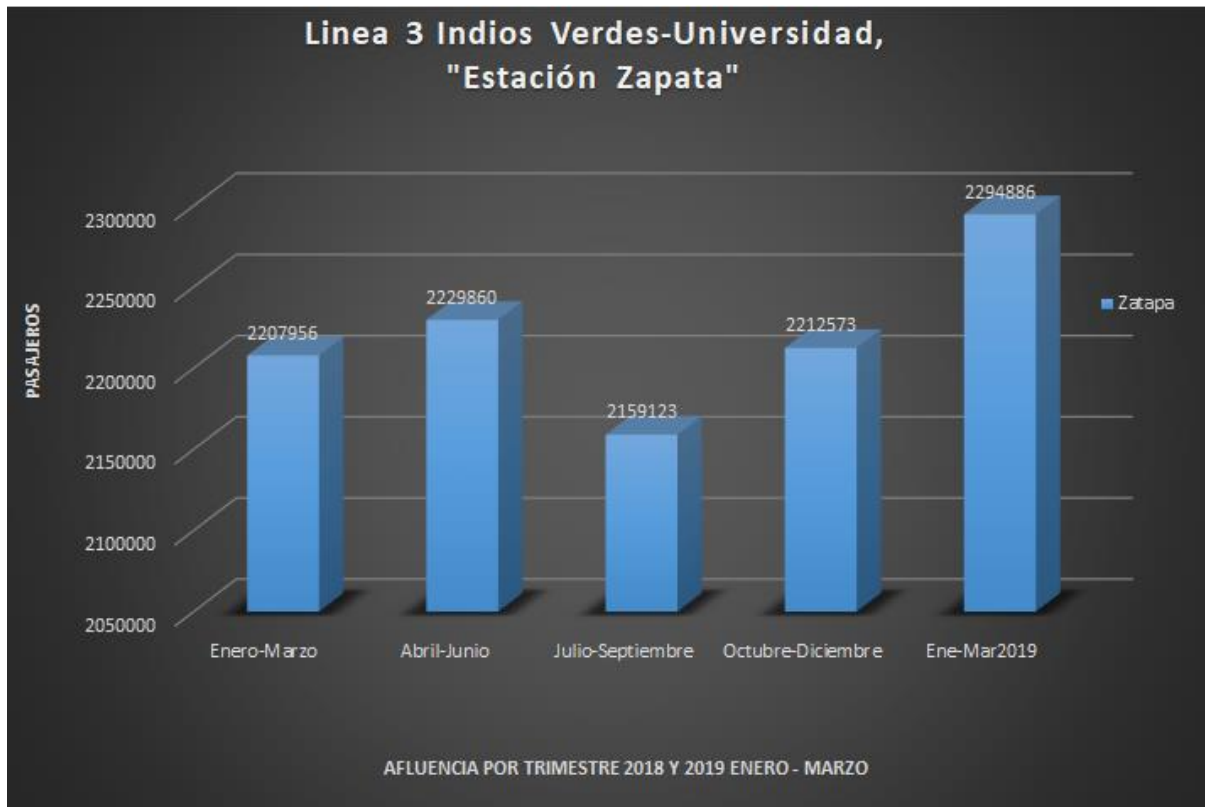
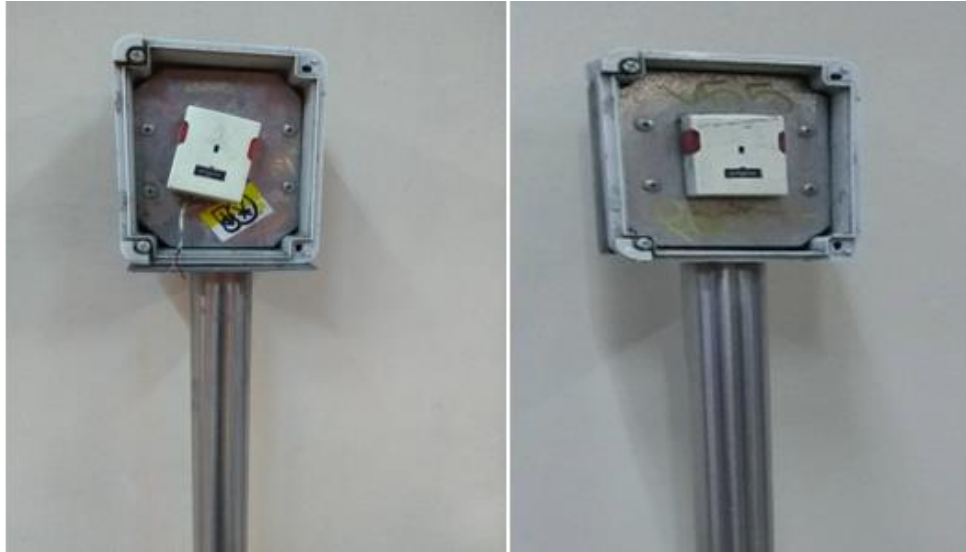


Figura 16. Cantidad de usuarios por trimestre del año 2018 y el primer trimestre del año 2019.  
Fuente: metro.cdmx.gob.mx. Elaboración propia.

En esta grafica se observa como la afluencia de personas varía trimestralmente en dicha estación. Así como también se puede observar que es una de las estaciones más concurridas debido que es una de las estaciones que tiene enlace con la Línea 12. Por lo tanto, es una de las estaciones que diariamente transporta grandes cantidades de usuarios.

En esta estación hay 2 botones de emergencia en cada lado del andén (lado izquierdo y lado derecho) pero como se puede observar estos botones están en mal estado ya que los cables de funcionamiento están destruidos y la carcasa rallada.

Lo que conlleva a que en caso de que hubiera algún accidente o emergencias, estas no funcionarían. Ver **figura 17**.



*Figura 17. Botón de emergencia en mal estado.*

Fuente: Foto tomada en la estación Zapata.

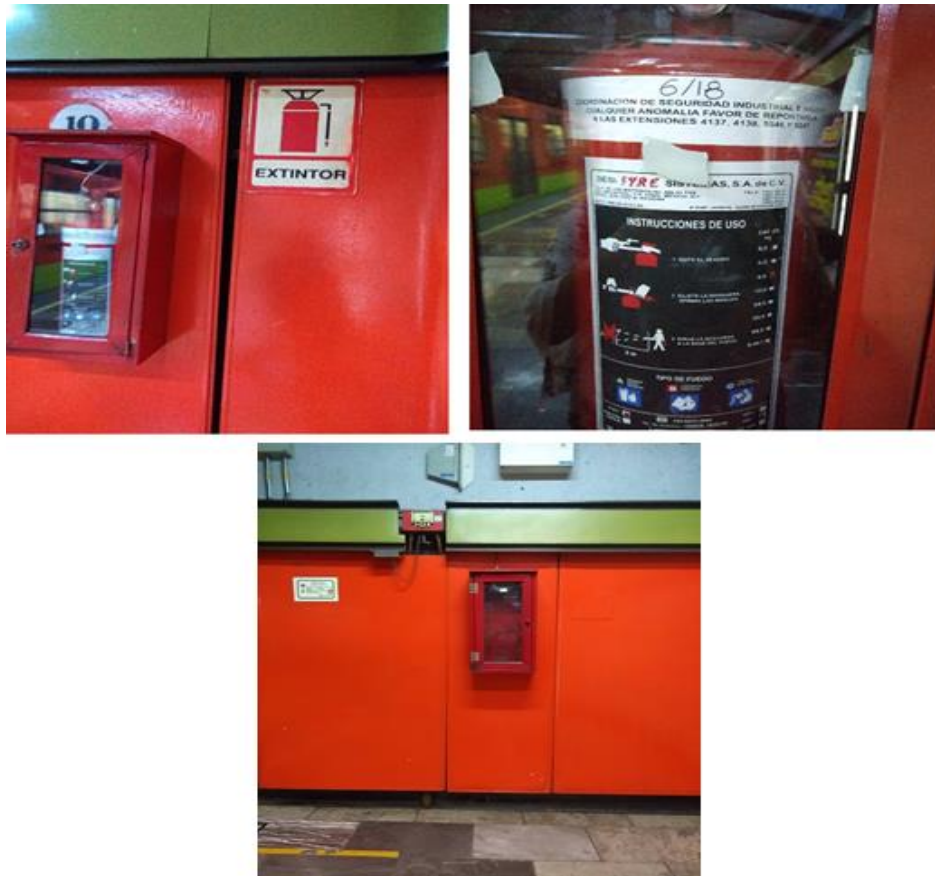
En cada lado de la estación (lado derecho y lado izquierdo) hay dos extintores individuales donde se observa que los extintores están resguardados bajo seguridad y por ende para los usuarios que en realidad lo necesitarán no sería tan fácil sacarlos de ahí. Ver **figura 18**.



*Figura 18. Extintor bajo resguardo.*

Fuente: Foto tomada en la estación Zapata.

En la **figura 19** se muestra que los extintores cuentan con el mantenimiento preventivo adecuado (cada 6 meses), se hace la recarga correspondientes, en la parte frontal del extintor trae un pequeño instructivo que indica cómo utilizarlo y tiene la señalización que le corresponde. Pero en ciertas ocasiones después de haberlo utilizado suelen dejar el resguardo sin extintor y así queda el resguardo por un buen tiempo sin extintor.



*Figura 19. Extintores.*

Fuente: Foto tomada en la estación Zapata.

Además, de los extintores individuales también cuenta con un botiquín de emergencia, se observó que este botiquín tiene un ruptor de emergencia, un teléfono y un extintor. El extintor esta actualizado con duración de un año. Ver **figura 20**.



*Figura 20. Botiquín de emergencia.*  
Fuente: Foto tomada en la estación Zapata.

En la **figura 21** se observa que la estación Zapata tiene iluminación pero hay ciertas partes en que los focos están fundidos.





*Figura 21. Faltantes de focos en la estación Zapata.*

Fuente: Foto tomada en la estación Zapata.

También se observó que en las vías hay expuesto de cableado, bolsas, botellas, papel, entre otros.  
Ver **figura 22**.



*Figura 22. Basura en las vías y expuesto de cableado.*  
Fuente: Fotos tomadas en la estación Zapata.

Además de lo analizado anteriormente también se visualizó que esta estación no cuenta con hidrantes ni extintor en las unidades (metro).

También se realizó un cuestionario al Coordinador de Protección Civil con respecto al estudio de las condiciones de Seguridad Contra Incendios en el STC Metro, ver **Anexo A y B**.

Con base a la información obtenida y considerando que es una de las estaciones subterráneas que tiene la Línea 3; y que éstos son aislados del exterior y que por lo tanto presentan dificultad de eliminar el calor, humo y las presiones altas que se pueden generar para ocasionar un incendio. El fuego además de producir humo, puede incapacitar o asfixiar por la reducción de los niveles de oxígeno, ya sea por falta de oxígeno o por la mezcla de éste con otros elementos.

Un incendio dentro de un túnel puede llegar a invadir varias estaciones del Metro en pocos minutos o segundos. En un incendio, el fuego es el que causa daños severos a la estructura, pero el humo es el principal peligro para las personas al ser inhalado.

Para ello, se propone que el Sistema de Transporte Colectivo Metro cuente con una propuesta de acciones para mejorar las medidas de prevención contra incendios en el Plan de Emergencia en la estación Zapata de la Línea 3.

Debe tenerse en cuenta que dentro de la seguridad e higiene es muy importante el factor de orden y limpieza, ya que la mayoría de los problemas, condiciones y actos inseguros que pueden darse o que están presentes durante la jornada de trabajo. Dependen directamente o son originados por el nivel o grado de orden y limpieza que se tenga en el STC Metro.

Generalmente, no se tiene el cuidado ni la costumbre de depositar la basura en su lugar, debido a esto al momento de abordar el andén y con el viento que este provoca al momento del frenado, la basura cae en las vías. Provocando obstáculos que obstruyen el paso y generan condiciones de inseguridad para los usuarios.

El diagnóstico fue enfocado hacia la evaluación de los riesgos y condiciones inseguras, esta actividad se realiza directamente en la estación Zapata de la Línea 3 del Metro, considerando las condiciones del entorno y las necesidades básicas de salud y prevención de riesgos.

### **3.1.3 Realizar lista de verificación (check-list)**

Con base a la información obtenida se procedió a realizar una lista de verificación (check-list) esta nos ayudó para obtener información más clara y relevante con la finalidad de identificar los eventos no deseados.

En la **tabla 4** se identifican los riesgos y amenazas existentes en la estación Zapata. El periodo en que se hizo fue de una semana, se inició del 13 de Agosto al 17 de Agosto del 2018.



Tabla 4. Lista de Verificación de la estación Zapata.

<b>Lista de Verificación (Check List, Indios Verdes-Universidad)</b>			
<b>Nombre del Inspector:</b> Yasmin Chagala C.			
<b>Estación de Metro:</b> Línea 3, Estación ZAPATA			
<b>Hora:</b> 7:15 am – 10:10 am		<b>Fecha:</b> 13 al 17 de Agosto 2018	
<b>Inspección visual</b>			
<b>Elemento a inspeccionar</b>	<b>Si Cumple</b>	<b>No Cumple</b>	<b>Observaciones</b>
1. ¿Las escaleras tienen las medidas correctas y cuentan con material antiderrapantes?	Si		Un poco desgastadas las escaleras y con muy poco antiderrapantes.
2. ¿Hay señalizaciones en la estación de ascenso y descenso?	Si		Pero un poco borrosas de lo cual para los usuarios ya no son respetados.
3. ¿Existen las condiciones y niveles de iluminación adecuada?	Si		En ciertas partes del andén hay faltantes de foco.
4. ¿Hay señalizaciones de emergencia?	Si		
5. ¿Hay extintores?		No	Porque después de utilizarlo no lo colocan a la brevedad.
6. ¿Existe el registro de servicio anual de los extintores?	Si		Trae instrucciones de cómo utilizarlo.
7. ¿Hay mangueras de agua (Hidrantes)?	Si		Pero no son visibles se encuentran sobre la pared
8. ¿Hay hidrantes en la unidad (tren)?		No	
9. ¿Se cuenta con área delimitada para mujeres?	Si		
10. ¿Hay botón de emergencia en el andén?	Si		Pero en mal estado y sin servicio.
11. ¿Están aislados los expuestos de cableados?	Si		
12. ¿Se realiza mantenimiento preventivo y correctivo de los metros?	Si		
13. ¿Hay ruptor de emergencia en el andén?	Si		

14. ¿Hay elementos de seguridad?	Si		
15. ¿Hay fallas en el tren (convoy)?		No	Ocasionalmente hay paros de 10 a 15 min, fallas mecánicas y eléctricas.
16. ¿Hay amenazas en el tren o en los rieles que pudieran provocar un incendio?		No	Falla mecánica, corto circuito, desgaste de frenos.
17. ¿Hay basura en los rieles?		No	Papel. Bolsas de Sabritas, etc.
18. ¿Hay Exceso de pasajeros al momento de abordar?		No	En horas pico de 6:50- 8.40 am.

Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 5** se hizo la suma de las frecuencias de las actividades inspeccionadas por día. Y en la actividad en donde Si cumple se le asignó un cero y a las actividades en donde no se cumple se le asignó un 1.

Tabla 5. Suma de frecuencia de los elementos inspeccionados por día.

Inspección Visual								
Elemento a inspeccionar	Si cumple	No cumple	Frecuencia					Total
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	
1. ¿Las escaleras tienen las medidas correctas y cuentan con material antiderrapantes?	Si		0	0	0	0	0	0
2. ¿Hay señalizaciones en la estación de ascenso y descenso?	Si		0	0	0	0	0	0
3. ¿Existen las condiciones y niveles de iluminación adecuada?	Si		0	0	0	0	0	0
4. ¿Hay señalizaciones de emergencia?	Si		0	0	0	0	0	0
5. ¿Hay extintores?		No	1	1	1	1	1	5
6. ¿Existe el registro de servicio anual de los extintores?	Si		0	0	0	0	0	0
7. ¿Hay mangueras de agua (Hidrantes)?	Si		0	0	0	0	0	0
8. ¿Hay hidrantes en la unidad (tren)?		No	1	1	1	1	1	5
9. ¿Se cuenta con área delimitada para mujeres?	Si		0	0	0	0	0	0
10. ¿Hay botón de emergencia en el andén?	Si		1	1	1	1	1	5
11. ¿Están aislados los expuestos de cableados?	Si		0	0	0	0	0	0
12. ¿Se realiza mantenimiento preventivo y correctivo de los metros?	Si		0	0	0	0	0	0
13. ¿Hay ruptor de emergencia en el andén?	Si		0	0	0	0	0	0
14. ¿Hay elementos de seguridad?	Si		0	0	0	0	0	0
15. ¿Hay fallas en el tren (convoy)?		No	1	0	1	1	0	3

16. ¿Hay amenazas en el tren o en los rieles que pudieran provocar un incendio?	No	0	1	1	0	1	3
17. ¿Hay basura en los rieles?	No	1	1	1	1	1	5
18. ¿Hay Exceso de pasajeros al momento de abordar?	No	1	1	1	1	1	5

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.4 Matriz de riesgos

La Matriz de Riesgos es una herramienta de gestión que permite determinar objetivamente cuáles son los riesgos relevantes para la seguridad y salud de los trabajadores que enfrenta una organización. Sirve para analizar el nivel de riesgo presente en los trabajos, para comparar por nivel de riesgo diferentes tareas, para proponer acciones concretas para disminuir los riesgos y para estimar el impacto que estas acciones tendrán sobre el nivel de riesgo de los trabajadores. (RIMAC, 2014)

Después de haber realizado la lista de verificación (check list), se procede a la realización de la matriz de riesgos. Mediante el uso de la matriz, se formula el método de priorización de los riesgos según el impacto o consecuencias y la factibilidad de ocurrencia de los riesgos.

A continuación se presentan las características más importantes que se deben tomar en consideración para el desarrollo de la matriz de riesgos:

#### 3.1.4.1 Clasificación y priorización de los riesgos

En este apartado se clasifican y se dan las prioridades de los riesgos de acuerdo al tipo de actividad que se realice.

Y las respuestas elegidas de acuerdo al tipo de actividad se pondrán en un formato que contendrá los resultados de los niveles de riesgos.

#### 3.1.4.2 Tipo de actividad

Puede ser:

- a) **Rutinarias:** Se ejecutan habitualmente y día a día en las diferentes áreas y procesos de una empresa.

- b) **No rutinaria:** No se ejecutan habitualmente, pueden incluir trabajos de servicios generales, actividades conexas, trabajos de mantenimiento correctivo, parada de planta, trabajos de apoyo a los procesos de la empresa, etc. Son esporádicas muchas veces no son planificadas.
- c) **De emergencia:** Situaciones que escapan a los controles de la empresa y tienen el potencial de causar daños humanos o materiales, ejemplo: Potenciales incendios, potenciales derrames de productos químicos, potenciales fugas de gases tóxicos, y otros potenciales eventos que requieren de un plan de contingencia para minimizar los daños.

### 3.1.4.3 Tipo de peligro

Los peligros se pueden clasificar por el agente causante, entre ellos destacan los de tipo:

- Físico
- Químico
- Biológico
- Eléctrico
- Ergonómico
- Psicosocial
- Mecánico, entre otros.

Clasificar los peligros es importante para enfocar y gestionar los planes de acción a nivel de empresa.

### 3.1.4.4 Riesgo

El riesgo tiene dos componentes:

1. El evento peligroso o de exposición
2. Daño a las personas

Es importante dividir ambos factores para poder identificar el agente causal sobre el cual se deberá tomar una acción inmediata, correctiva y preventiva, ejemplo:

- **Peligro:** Trabajo en altura sin el uso de arnés de seguridad.
- **Evento peligroso:** Caída a diferente nivel.
- **Daño:** fracturas múltiples o muerte.

### 3.1.4.5 Probabilidades

En material de evaluación de riesgos la probabilidad está en función de los controles, esto quiere, decir que si una empresa tiene controles operacionales eficaces, la probabilidad de que ocurra un evento (incidente) es baja. Sin embargo, si una empresa no tiene controles o esta son ineficientes, entonces, la probabilidad de que ocurra un incidente es alto.

La probabilidad<sup>8</sup> puede verse afectada por el índice de personas expuestas, índice de procedimientos, índice de capacitaciones e índice de exposición.

### 3.1.4.6 Índice de personas expuestas

En la **tabla 6** se toman en cuenta cuantas personas están expuestas a los riesgos. (RIMAC, 2014).

*Tabla 6. Índice de personas expuestas al riesgo, según datos tomados por el autor.*

Índice	Personas expuestas
1	De 1 a 5
2	De 6 a 10
3	De 11 a 20
4	Más de 20

*Fuente: (RIMAC, 2014).*

### 3.1.4.7 Índice de procedimientos

En el índice de procedimientos se manejan 3 niveles de índice y se indica cuáles son los existentes en la empresa y si son aplicables. A continuación se muestra la tabla para valorar el índice de existencia. Ver **tabla 7**.

---

<sup>8</sup> Probabilidad, son todos los resultados posibles de un evento o experimento.

Tabla 7. Índice de procedimientos existentes, según datos tomados por el autor.

Índice	Procedimientos existentes
1	Existen, son satisfactorios y suficientes
2	Existentes parcialmente, no son satisfactorios o suficientes
3	No existen procedimientos

### 3.1.4.8 Índice de capacitaciones

En la tabla siguiente se hace una valoración de índice de acuerdo a la capacitación que tiene el personal: Ver **tabla 8**.

Tabla 8. Índice de capacitaciones de personal, según datos tomados por el autor.

Índice	Capacitaciones
1	Personal entrenado, conoce el peligro y lo previene.
2	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro, pero no toma acción del control.
3	Personal no entrenado, no conoce los peligros, por lo tanto no toma acciones de control.

### 3.1.4.9 Índice de exposición al riesgo

En el índice de capacitación se le asigna el nivel de exposición en que ocurre un riesgo. Dependiendo de con qué frecuencia el trabajador está expuesto al riesgo, se le asigna el número apropiado.

En la **tabla 9** se muestra el índice y los niveles de exposiciones.

Tabla 9. Índice de exposición al riesgo, según datos tomados por el autor.

Índice	Nivel de exposición	Significado
1	Esporádica	Irregularmente
2	Ocasional	Alguna vez en su jornada laboral y con periodo de corto tiempo.
3	Frecuente	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos.
4	Continua	Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.

### 3.1.4.10 Índice de probabilidad

El índice de probabilidad resulta de sumar las probabilidades. En este apartado se suman todos los índices de probabilidades de la actividad evaluada.

$$\Sigma = \text{índice de personas expuestas} + \text{ind. de procedimientos} + \text{ind. de capacitaciones} \\ + \text{ind. de exposicion} = \text{Índice de probabilidad}$$

### 3.1.4.11 Índice de severidad

La severidad es la medición del daño en términos de lesiones, enfermedades o una combinación de estas. La severidad viene a ser la proyección de escenarios (favorables, medios y desfavorables) dentro de los cuales se tienen que gestionar las acciones necesarias para prevenir o en su defecto minimizar los daños.

Se recomienda siempre tomar como referencia el escenario desfavorable para poder evaluar los riesgos, de esa manera se puede estar preparado para responder ante una situación de menor exigencia.

Dependiendo de las posibles consecuencias del peligro de colocará el valor apropiado. Ver **tabla 10**.



Tabla 10. Índice de severidad, según datos tomados por el autor.

Índice	Nivel de severidad	Daños personales	Daños materiales
1	Leve	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización (solo primeros auxilios).	Reparable, sin necesidad de parar el proceso.
2.5	Grave	Lesiones o enfermedades con incapacidad temporal.	Se requiere para el proceso para efectuar la reparación.
6	Muy grave	Lesiones o enfermedades graves o irreversibles con incapacidad permanente.	Destrucción parcial del sistema (alto costo de reparación).
10	Mortal/ catastrófico	1 muerto o más.	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo).

### 3.1.4.12 Índice de riesgo

Este será el resultado del producto del índice de probabilidad e índice de severidad. A continuación se muestra la formula aplicable para el índice de riesgo.

$$\text{Indice de riesgo} = (\text{Indice de probabilidad})(\text{Indice Severidad})$$

### 3.1.4.13 Grado o nivel de riesgo

El nivel de riesgo es el resultado final de las evaluaciones de riesgos, el cual determina si una actividad se debe ejecutar o simplemente se paraliza para corregir las desviaciones que pudiera tener. Se suelen rotular términos como trivial, tolerable, moderado, alto y muy alto, o simplemente aceptable o inaceptable. En este caso los niveles de riesgos que se utilizan son: bajo, medio, alto y crítico.

#### **3.1.4.14 Requisitos legales**

La vinculación de los requisitos legales y otros con los peligros identificados es importante ya que nos sirve de sustento para poder justificar la necesidad de implementar controles operacionales con la finalidad de mejorar continuamente.

Cabe resaltar que si no existen normas nacionales, es una buena práctica buscar que normas aplican en otros países de la región o en otros continentes. Los requisitos legales no tienen que ser tomados como barrera sino como un soporte en materia de prevención de riesgos laborales.

#### **3.1.4.15 Tratamientos**

Son las posibles soluciones para prevenir y/o minimizar los daños en materia de lesiones y enfermedades o una combinación de ambas.

Uno de los principios de Ley 29783 (Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo) es el enfoque preventivo, motivo por el cuál, el despliegue de controles debe seguir una jerarquía que permita, evaluar como primera alternativa de solución la posibilidad de eliminar el peligro, en caso contrario se podría sustituir condiciones que permitan minimizar daños, si no es factible, se pasa al siguiente nivel que es la implementación de controles de ingeniería, que son barreras que limitan la interacción entre el peligro y el usuario. (RIMAC, 2014).

Los controles eficaces o de gran impacto, sin embargo, no son suficientes, necesitan controles de soporte, entre los cuales destacan los controles Administrativos: que están representados por procedimientos, instructivos, cartillas, formatos, programas y planes de trabajo, así como los diferentes tipos de señalización; el ultimo control que debemos implementar (cuando no pudimos controlar la fuente) es el suministro de Equipos de Protección Personal (EPP).

Con base a todos los requisitos antes mencionado para el desarrollo de la matriz, se procede a la aplicación de esta.

#### **3.1.5 Desarrollo de la matriz de riesgos**

Con los datos obtenidos de la lista de verificación (check list) se hace la matriz de riesgos. Ver **tabla 11 y 12.**

Tabla 11. Matriz de riesgos.

Matriz de Riesgos						
Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos						
Empresa: Sistema de Transporte Colectivo Metro					Elaborado por: Yasmin Chagala C.	
Fecha de Evaluación: 19/Nov./2018				Revisado por: M.I Soler Anguiano Francisca Irene		
Proceso/ Área a Evaluar: Estación Zapata, Línea 3						
Actividad	Tipo de actividad	Peligro	Detalle del peligro	Tipo de peligro	Riesgo	
					Evento peligro/Exposición	Daño
1. Ocasionalmente faltan extintores en el andén.	De emergencia	Conatos de incendios no controlados	Afectación a usuarios, a la unidad y a la infraestructura.	Físico	Conatos de incendios Retraso de trenes.	Intoxicación, desmayos, pánicos, daños a la unidad.
2. No hay hidrantes en unidad (tren).	De emergencia	Incendios no controlados.	Afectación a terceros.	Eléctrico. Físico Mecánico.	Incendios	Quemaduras, intoxicación, daños a la infraestructura.
3. Botones de emergencia dañada y en mal estado.	Rutinarias	No se difunde la emergencia.	No se atiende la emergencia inmediatamente.	Mecánico	Pánico	Atropellamiento entre personas
4. Fallas en el tren (convoy).	De emergencia	Paro de trenes. Corto circuito. Incendios.	Paro parcial o total del tren. Desalojo de tren.	Mecánico. Físico. Eléctrico.	Pánico Incendios	Fracturas múltiples o muertes.
5. Basura en los rieles.	Rutinarias	Incendio no controlado.	Afectación de la infraestructura y a usuarios.	Mecánicos. Físicos.	Incendio Pánico Demoras	Quemaduras, intoxicación, daños a la infraestructura.
6. Exceso de pasajeros en el andén.	Rutinarias	Sobrecalentamiento de cables. Estrés y congestión de pasajeros.	La congestión de pasajeros provoca estrés. Sobrecalentamiento de cableado	Mecánicos Físicos. Eléctrico.	Incendios Pánico Demoras	Quemaduras, intoxicación, daños a la infraestructura.

Fuente: (RIMAC, 2014). Elaboración propia.

Tabla 12. Matriz de riesgos.

Actividad	Probabilidades				Índice de probabilidad	Índice de severidad	Índice de riesgo
	Índice de personas expuestas	Índice de procedimientos	Índice de capacitaciones	Índice de exposición al riesgo			
1. Ocasionalmente faltan extintores en el andén.	4	2	2	3	$4+2+2+3= 11$	2.5	$11 \times 2.5 = 27.5$
2. No hay hidrantes en unidad (tren).	4	3	2	3	$4+3+2+3= 12$	6	$12 \times 6 = 72$
3. Botones de emergencia dañada y en mal estado.	4	2	2	2	$4+2+2+2= 10$	1	$10 \times 1 = 10$
4. Fallas en el tren (convoy).	4	2	2	2	$4+2+2+2= 10$	6	$10 \times 6 = 60$
5. Basura en los rieles.	4	2	2	3	$4+2+2+3= 11$	2.5	$11 \times 2.5 = 27.5$
6. Exceso de pasajeros en el andén.	4	2	2	3	$4+2+2+3= 11$	1	$11 \times 1 = 11$

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las actividades que se evaluaron, se muestran en la **tabla 13**.

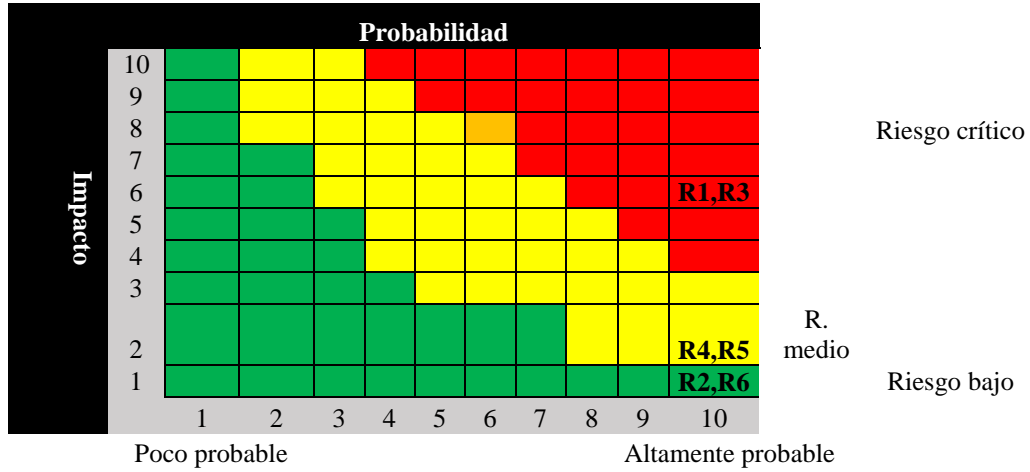
*Tabla 13. Resultados de la matriz de riesgos.*

Actividad	Índice de probabilidad	Índice de impacto	Índice de riesgo
1. Ocasionalmente faltan extintores en el andén.	11	2.5	$11 \times 2.5 = 27.5$
2. No hay hidrantes en la unidad (tren).	12	6	$12 \times 6 = 72$
3. Botones de emergencia dañada y en mal estado.	10	1	$10 \times 1 = 10$
4. Fallas en el tren (convoy).	10	6	$10 \times 6 = 60$
5. Basura en los rieles.	11	2.5	$11 \times 2.5 = 27.5$
6. Exceso de pasajeros en el andén.	11	1	$11 \times 1 = 11$

Fuente: elaboración propia.

Dependiendo del valor obtenido en el índice de probabilidad y el índice de severidad en la tabla siguiente se determinara si el riesgo es bajo, medio, alto o crítico. (Pacheco, 2015). Ver **tabla 14**.

Tabla 14. Mapa de riesgos.



Matriz de Calificación de Riesgos

Nivel de Riesgo	Calificación	Nivel de Riesgo	Calificación
Riesgo Bajo	1-15	Riesgo Crítico	>60
Riesgo Medio	16-29		




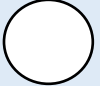
Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.6 Diagrama de árbol de fallos

Una vez analizado y obtenido los resultados de la matriz de riesgos, se procede a la realización del diagrama de árbol de fallas. Este permitirá determinar el evento principal y sus causas en caso de que ocurriera un incendio en la estación. Las ramas del árbol terminan cuando se completan todos los eventos que resultan en el evento negativo.

A continuación se presentan los símbolos importantes que se deben tomar en consideración para el desarrollo del diagrama de árbol. (Arboles de fallos, 2018). Ver **tabla 15**.

Tabla 15. Símbolos para el desarrollo del diagrama de árbol.

Símbolos	Significado
	<b>Puerta Y:</b> Representa una condición en la cual todos los eventos mostrados debajo de la puerta (puerta de entrada) tienen que estar presentes para que ocurra el evento arriba de la puerta (evento de resultado). Esto significa que el evento de resultado ocurrirá solamente si todos los eventos de entrada existen simultáneamente.
	<b>Puerta O:</b> Representa una situación en la cual cualquier de los eventos mostrados debajo de la puerta (puerta de entrada) llevarán al evento mostrado arriba de la puerta (evento de resultado). El evento ocurrirá si solamente uno o cualquier combinación de los eventos de entrada ocurren.
	<b>Rectángulo:</b> El rectángulo es el principal componente básico del árbol analítico. Representa el evento negativo y se localiza en el punto superior del árbol y puede localizarse por todo el árbol para indicar otros eventos que pueden dividirse más. Este es el único símbolo que tendrá abajo una puerta de lógica y eventos de entrada.
	<b>Círculo:</b> Un círculo representa un evento base en el árbol. Estos se encuentran en los niveles inferiores del árbol y no requieren más desarrollo o divisiones. No hay puertas o eventos debajo del evento base.

Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 23** se muestra el árbol de fallas para el evento tope determinado: Incendio en el Metro. Este árbol se hizo bajo supuestos ya que no se cuenta con las probabilidades de cada evento por lo cual no se es posible tener un nuevo diagrama con su respectivo resultado en cuanto a las probabilidades.

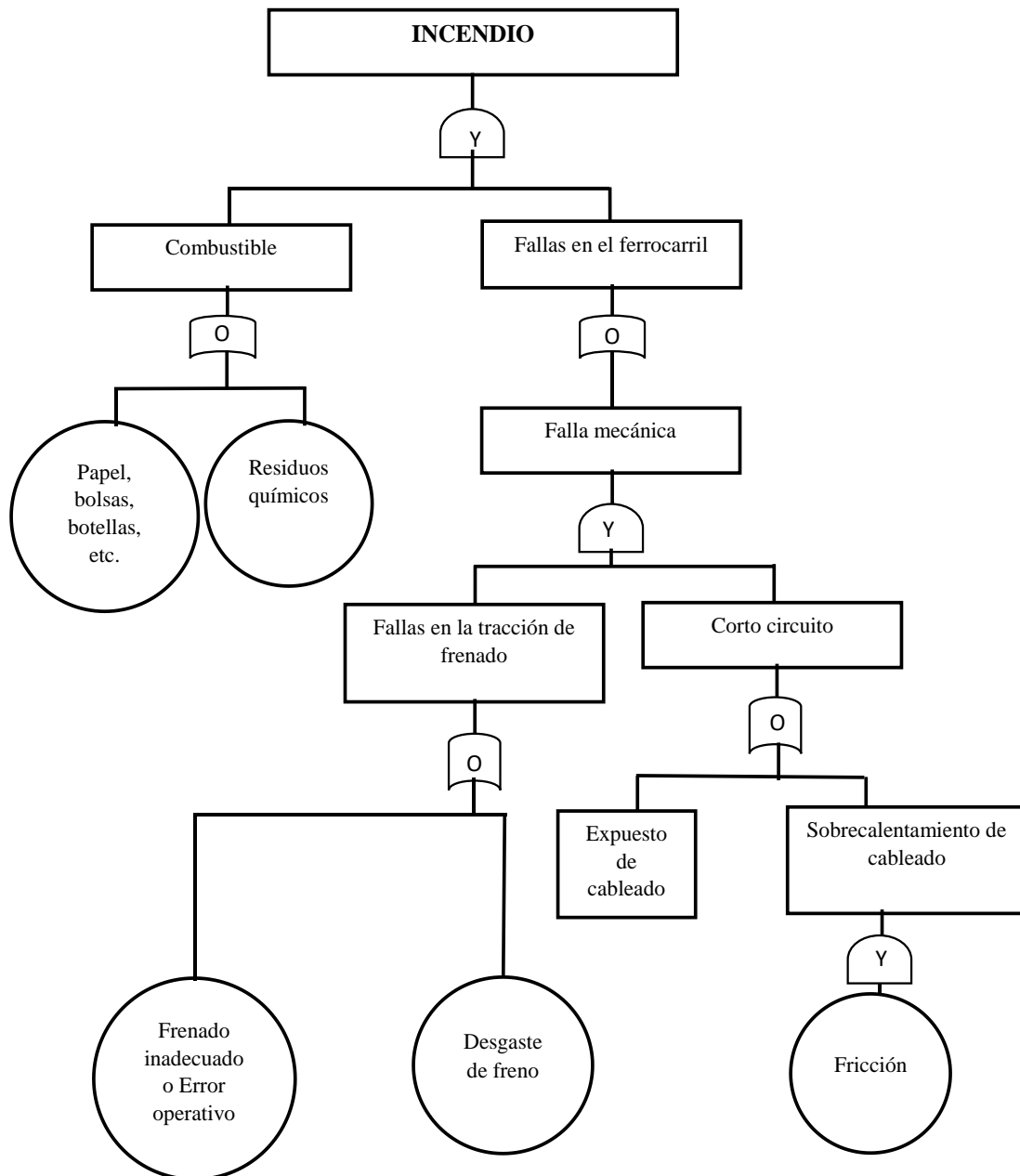


Figura 23. Árbol de fallos en caso de que ocurriera un Incendio en el metro.

Fuente: Elaboración propia.



## Capítulo 4. Análisis de Resultados del Caso de Estudio

### 4.1 Análisis de resultados

Una vez que se realizó el análisis correspondiente del caso de estudio, se hará una explicación de los resultados obtenidos de esta. A continuación se presentan los resultados de la vulnerabilidad de acuerdo a lo evidenciado y de acuerdo a la información obtenida.

Al respecto, se presenta la siguiente tabla, donde se ven los resultados obtenidos de la evaluación de las actividades del mapa de riesgos. Ver **tabla 16**.

*Tabla 16. Resultados de la matriz de riesgos con su respectivo nivel de riesgo.*

Actividad	Índice de riesgo	Nivel de riesgo
1. Ocasionalmente faltan extintores en el andén <sup>9</sup> .	27.5%	Riesgo medio
2. No hay hidrantes en la unidad (tren).	72%	Riesgo critico
3. Botones de emergencia dañada y en mal estado.	10%	Riesgo bajo
4. Fallas en el tren (convoy <sup>10</sup> ).	60%	Riesgo critico
5. Basura en los rieles.	27.5%	Riesgo medio
6. Exceso de pasajeros en el andén.	11%	Riesgo bajo

Fuente elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que el STC Metro en la actividad 1 y 5 se encuentran en un nivel de riesgo medio y con un 27.5% de índice de riesgo. En la actividad 2 y 4 hay un 72% y 60% de índice de riesgo y se encuentra en un riesgo crítico. En la actividad 3 y 6 se encuentran en un nivel de riesgo bajo con un porcentaje de 11% y 10% de índice de riesgo.

En cuanto a los resultados obtenidos se observa que ciertas actividades se están en estado crítico para lo cual el STC Metro debe poner mayor atención en estos, ya que se debe decidir qué hacer en

---

<sup>9</sup> Anden, es la plataforma elevada donde la gente espera a que llegue la unidad (tren).

<sup>10</sup> Convoy, es el tren y este se divide en 6 0 9 carros dependiendo de transporte.

esta situación, así mismo, minimizar al máximo dichos riesgos para el usuario y trabajador, evitando tanto revuelo para la empresa.

Tomando en consideración los resultados de las actividades evaluadas, en caso de que en la estación o en el túnel se llegara a generar un incendio, no se cuenta con las herramientas al 100% de su capacidad para cubrir cierta incidencia. Por lo cual para la empresa no sería beneficioso ya que esto le generaría gran impacto económico porque tendría que cubrir los gastos de los lesionados y reparar la infraestructura dañada.

Una vez teniendo el conocimiento de las actividades evaluadas se procede a la toma de algunas acciones para el tratamiento de cada actividad tomando en consideración el nivel de riesgo obtenido. A continuación se muestran los tratamientos de las actividades evaluadas. Ver **tabla 17**.

Tabla 17. Tratamientos de las actividades evaluadas. Fuente elaboración propia.

Actividad	Control del riesgo						
	Nivel de riesgo	Requisitos legales	Eliminar	Sustituir	Tratamiento	Colaboración	Forma de participación
1. Ocasionalmente faltan extintores en el andén.	Riesgo medio= 27.5%	NOM-154-SCFI-2005, Equipos contra incendios-extintores-Servicio de mantenimiento y recarga.	No	Si	Colocar un extintor por cada 300 m <sup>2</sup> de la superficie en el convoy del metro, y capacitar al personal	Coordinador de emergencias	Hacer reporte de los equipos de seguridad contra incendios faltantes
2. No hay hidrantes en la unidad (tren).	Riesgo crítico= 72%	NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo	No	Si	Colocar un extintor por cada 300 m <sup>2</sup> de la superficie en el convoy del metro y dar capacitación al personal o colocar hidrantes.	Coordinador de emergencias	El riesgo que se tiene si ocurriera un incidente de gran magnitud
3. Botones de emergencia dañada y en mal estado.	Riesgo bajo= 10%	NOM-029-STPS-2005, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad.	No	Si	Dar mantenimiento a las instalaciones eléctricas y reparar los botones de emergencia.	Coordinador de emergencias y todos los usuarios	Mantenimiento preventivo
4. Fallas en el tren.	Riesgo crítico= 60%	NOM-016-STPS-2001, Operación y mantenimiento de ferrocarriles-condiciones de seguridad e higiene.	No	Si	Dar mantenimiento a los ferrocarriles	Jefe encargado del mantenimiento	Capacitaciones programadas
5. Basura en los rieles.	Riesgo medio= 27.5%	NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos	Si	No	Dar mantenimiento a los tuneles.	Jefe encargado del mantenimiento y todos los usuarios	Capacitaciones programadas
6. Exceso de pasajeros en el andén.	Riesgo bajo= 11%	NOM-085-SCT2-2004, Requisitos que debe cumplir el personal que opere o auxilie en la operación dentro del sistema ferroviario mexicano.	No	No	Más unidades para disminuir el congestionamiento de personas en las unidades.	Subgerencia de control interno de administración y finanzas	Hay más fluidez de los usuarios al haber más unidades de Metro.

Después de haber realizado y analizado el diagrama de árbol de fallas que se encuentra en la **figura 23** en el apartado 3.1.6, el diagrama de árbol permitió determinar el evento principal y sus causas que pudieran originar un incendio en el Metro.

Los eventos en el diagrama de árbol de fallas son supuestos ya que no se tienen las probabilidades registradas para poder generar un nuevo árbol con los eventos de ocurrencia no deseados.

Por lo tanto, para que pueda suceder un incendio en el Metro se necesita de la unión de tres factores como lo son: comburente, combustible y oxidación. Al haberse combinado los tres elementos hay más probabilidades de que suceda rápidamente un incendio. Ver **figura 24**.

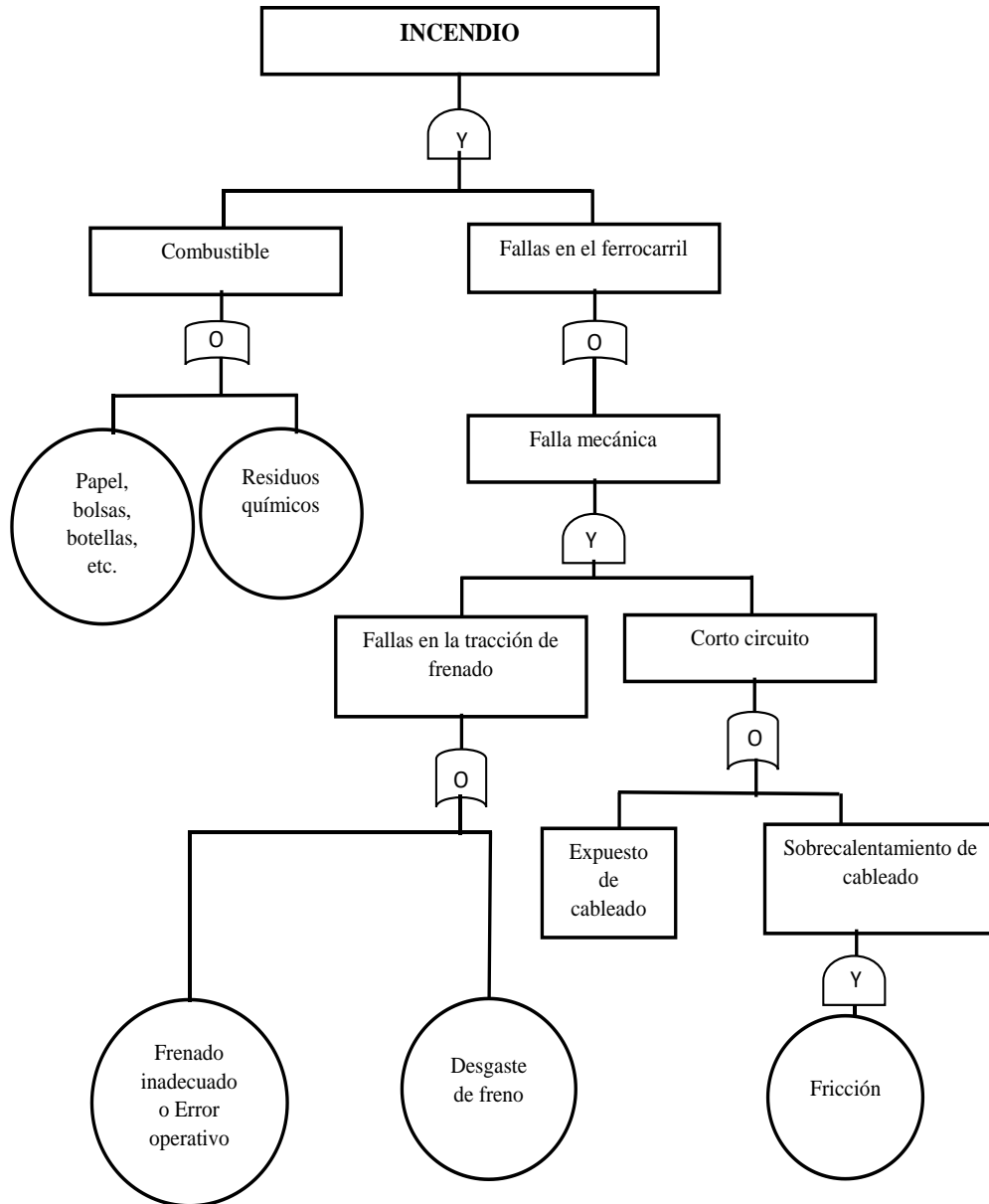


Figura 24. Diagrama de árbol de fallos.  
Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 5. Mejora del Plan de Emergencia Contra Incendios

### 5.1 Plan de emergencia contra incendios

En este capítulo se mejorarán los controles e implantación de una solución. Se proponen alternativas que mitigan o controlan los riesgos.

Un plan de emergencia es el documento escrito que recoge el conjunto de medidas de prevención y protección previstas e implantadas, así como la secuencia de actuaciones a realizar ante la aparición de un siniestro. La finalidad de este documento es la planificación y organización humana para la utilización óptima de los medios técnicos previstos con la finalidad de reducir al mínimo las posibles consecuencias humanas y económicas que pudieran derivarse de la situación de emergencia. (Balear, 2018).

En otras palabras, un plan de emergencia es una herramienta de gestión que establece como actuar cuando se produce una situación de emergencia (“¿quién tiene que hacerlo?, ¿qué se hará?, ¿cuándo? y ¿cómo?”), permitiendo dar respuesta a cuestiones tales como: Cómo evacuo al personal de planta, que hacer en caso de intoxicación, entre otros

#### **5.1.2 Objetivo del plan de emergencia.**

En este plan de emergencia se mejorarán los lineamientos y procedimientos a seguir por parte de todos los funcionarios y usuarios que se encuentren en las instalaciones del Sistema de Transporte Colectivo Metro, con el fin de evitar, prevenir, controlar o enfrentar una situación de emergencia, y disminuir así, la posibilidad de pérdidas humanas, materiales y económicas

#### **5.1 3 Objetivos específicos del plan de emergencia**

- Identificar y valorar los riesgos que pueden generar emergencias (magnitud, posibilidad).
- Organizar los medios humanos y materiales que permitan hacer frente a las emergencias.
- Aplicar los procedimientos operativos y administrativos preestablecidos para restablecer las condiciones normales de operación.
- Reducir las pérdidas humanas y económicas.

## 5.2 Información del Sistema de Transporte Colectivo Metro

La red del sistema de transporte metro tiene un total de 384 trenes asignados de los cuales 321 son neumáticos y 63 son férreos. Y con un total de 12 Líneas. La capacidad de pasajeros por tren es de: el tren de 6 vagones: sentados 240, parados 780, en total le caben 1020 personas. El tren de 7 vagones: 336 sentados y 1139 parados, en total caben 1475 personas. El tren de 9 vagones: sentados 360 y parados 1170, en total caben 1530. (CDMX M. , DISTRIBUCIÓN DE TRENES, 2019)

En la siguiente tabla se muestra la información general del STC Metro. Ver **tabla 18**.

*Tabla 18. Información general del STC Metro.*

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO	
Encargado STCM: Dirección General.	Acceso gratuito a: Adultos mayores, personas con discapacidad, niños menores de 5 años. Jóvenes del INJUVE y policías uniformados.
Dirección: Calle Delicias #67 Colonia Centro (Área 7), Código Postal 06070, Alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México. Edificio Administrativo, Piso 5.	Atención ciudadana: <b>Dirección:</b> Avenida Balderas 58, Colonia Centro, Alcaldía Cuauhtémoc C.P. 06010, Ciudad de México
Teléfono: 56274742 y 56274900 ext. Correo: dgstc@metro.cdmx.gob.mx Teléfono de atención ciudadana: 5627.4741, 5627.4914 y 5627.4460	Horario de servicio del Metro: días laborales de 5:00 am – 24:00 horas. Sábados de 6:00am - 24 horas. Domingo y días festivos de 7:00am - 24:00 horas.

*Fuente elaboración propia.*

La infraestructura se considera mixta, ya que la mayoría de las estaciones se construyeron en diferentes años.

### 5.3 Evaluación del riesgo

Se hace la identificación del riesgo potencial de incendio, su valoración y su localización en la empresa.

**Riesgo potencial:** Para su identificación debe indicarse de modo detallado las situaciones peligrosas existentes con todos sus factores de riesgo determinantes. (Plan de Emergencias, 2018).

**Evaluación:** Se realiza una valoración que pondere las condiciones del estado actual de cada uno de los riesgos considerados en cada área, así como su interrelación. Para la evaluación del riesgo intrínseco se utilizan los criterios en la normativa vigente. Estos métodos clasifican el nivel de riesgo en alto, medio y bajo.

### 5.4 Clasificación de emergencias

La elaboración del plan de actuación se hace teniendo en cuenta la gravedad de la emergencia, las dificultades de controlarla y sus posibles consecuencias y la disponibilidad de los recursos humanos.

En función de la gravedad de la emergencia, esta suele clasificarse en los siguientes niveles. Ver **tabla 19**.

*Tabla 19. Clasificación en función de la gravedad de la emergencia.*

Gravedad de la emergencia	
Color	Significado
Conato de emergencia (Pre alarma, posible).	Situación en la que el tren se encuentre en situación de alarma y que puede ser controlada y solucionada de forma sencilla y rápida por el personal del STCM.
Emergencia parcial (Alarma Amarilla, probable).	Situación en la que el tren para ser dominada requiere la actuación de equipos especiales del Sistema de Transporte Colectivo Metro. En esta categoría se incluye aquellos accidentes que requieran un gran aporte de medios externos.
Emergencia total (Alarma Roja, inminente).	Situación para cuyo control se precisa de todos los equipos y medios de protección propios y la ayuda de medios de socorro y salvamento externos. Generalmente comportara evacuaciones totales o parciales.

*Fuente: Elaboración propia.*



## 5.5 Acciones

Las distintas emergencias requerirán la intervención de personas y medios para garantizar en todo momento:

- La alerta, que de la forma más rápida posible pondrá en acción a los equipos del personal de primera intervención interiores e informará a los restantes equipos del personal interiores y a las ayudas externas.
- La alarma para la evacuación de los ocupantes.
- La intervención para el control de las emergencias.
- El apoyo para la recepción e información a los servicios de ayuda exterior.

Para lograr una correcta coordinación entre todos los elementos actuantes ante una emergencia y dar eficacia y fluidez a las órdenes que darán lugar a la activación de las distintas acciones a tomar. Es aconsejable centralizar en un centro de control la información y toma de decisiones durante el desarrollo de una situación de emergencia. Esta estará ubicado en un lugar accesible y seguro de la empresa. En el mismo estarán centralizados los medios de comunicación interior y exterior, número de teléfonos importantes, centrales de alarma y en general toda la información necesaria durante una emergencia: denominación, composición y misiones.

## 5.6 Soporte Administrativo: Comité de emergencias

Es la organización que está conformada por altos directivos quienes se encargan de crear, planear y administrar el presente documento

A continuación se mencionara las funciones del comité de emergencias.

Qué hacer antes de la emergencia:

- Preparación y respuesta ante emergencias, asumiendo el liderazgo y responsabilidad desde el más alto nivel jerárquico.
- Crear actividades propias del plan de prevención, preparación y respuesta ante las emergencias en fases de entrenamiento y situaciones de emergencias.
- Ejercer control y seguimiento sobre el desarrollo y control del programa para atención de emergencias, velando porque se realice por lo menos un simulacro anual del plan de

prevención, preparación y respuesta ante emergencias, con la participación de todos los niveles de la organización.

- Establecer y avalar los objetivos del plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias y su alcance.
- Elaborar y revisar el análisis de vulnerabilidad.
- Recopilar la documentación necesaria para establecer los diferentes planes.
- Determinar cuáles son los parámetros para la selección de los brigadistas.
- Realizar reuniones periódicas (mínimo trimestralmente) para mantener actualizado Plan de Emergencia.
- Tener actas de todas las reuniones realizadas por el comité de emergencias.
- Evaluar los procesos de atención de las emergencias para retroalimentar las acciones de planificación.

Que hacer durante la emergencia:

- Evaluar las condiciones y magnitud de la emergencia.
- Distribuir los recursos físicos y humanos para la atención oportuna de la emergencia.
- Establecer contactos con los Grupos de Apoyo Interno y Externo (Cruz Roja, Defensa Civil, Bomberos, Policía, Tránsito y Protección Civil).
- Tomar decisiones en cuanto a evacuación total o parcial de la entidad.
- Coordinar las acciones operativas en la atención de emergencias.
- Recoger y procesar toda la información relacionada con la emergencia.
- Coordinar el traslado de los heridos a los centros de asistencia médica.

Que hacer después de la emergencia:

- Evaluar las diferentes actividades desarrolladas, después de una emergencia o de un simulacro.
- Elaborar y presentar el informe del evento ocurrido.
- Determinar el grado de alerta en el que se debe permanecer mientras se vuelve a la normalidad.
- Coordinar la reiniciación de labores
- Retroalimentar el Plan de Emergencia de acuerdo al evento ocurrido.

### **5.6.1 Equipo de alarma y evacuación (E.A.E)**

Su principal función será, comprobar que las vías de evacuación están libres y practicables y dirigirá el flujo de evacuación.

- Conducir a las personas hacia las vías de evacuación.
- Controlar la velocidad evacuación e impidiendo aglomeraciones
- En acceso a escaleras, controlando el flujo de personas.

El número de personas que componen el Equipo de Alarma y Evacuación puede ser muy variada, debido a que los componentes necesarios para las labores correspondientes dependen de las características de la empresa y del tamaño de población a evacuar.

### **5.6.2 Equipos de primeros auxilios (E.P.A)**

Su responsabilidad es prestar los primeros auxilios a los lesionados durante una emergencia. Para ello debe estar capacitado para decidir la atención a prestar a los heridos de forma que las lesiones que presentan no empeoren y proceder a la estabilización de los lesionados graves, a fin de ser evacuados. Así mismo debe tener el criterio de priorización ante la atención de lesiones.

Para un correcto y eficaz desarrollo los integrantes de los E.P.A deben tener formación y adiestramiento permanente en emergencias médicas, urgencias médicas, inmovilización, movilización y transporte de heridos.

### **5.6.3 Equipos de primera intervención (E.P.I)**

La actuación de los miembros de este equipo será siempre por parejas. Si existiesen sistemas fijos de extinción en alguna zona de la Línea 3, el EPI de ésta conocerá su operación.

Los componentes del EPI tendrán además formación en los siguientes temas: conocimiento del fuego, métodos de extinción, agentes extintores, extintores portátiles, prácticas de extinción con extintores portátiles, operaciones en sistemas fijos de extinción (en su caso) y Plan de Emergencias.

Sus obligaciones serán:

- Evitar la aparición de incendios, conocerán las normas fundamentales de la prevención de incendios.
- Combatir conatos de incendio con extintores portátiles (medios de primera intervención) en la estación.
- Apoyar a los componentes del Equipo de Segunda Intervención (Brigadas de Emergencia) cuando les sea requerido (Tendido de mangueras, etc.).

#### **5.6.4 Equipos de segunda intervención (Protección Civil)**

Es el grupo de servidores capacitados y entrenados para prevenir y controlar los eventos que pueden generar pérdidas económicas y humanas en el lugar del siniestro.

Este equipo representa la máxima capacidad extintora del establecimiento. Su ámbito de actuación será cualquier punto del establecimiento donde se pueda producir una emergencia de incendio.

Estos deberán tener formación y adiestramiento adecuado, al momento del combate del tipo de fuego. Su principal función será:

Funciones y responsabilidades de la brigada de emergencia: ver **tabla 20**.

Tabla 20. Funciones y responsabilidades de la brigada de emergencia.

<b>Grupo de control de conatos de incendios</b>		
<b>Antes de emergencias</b>	<b>Durante la emergencia</b>	<b>Después de la emergencia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inspeccionar periódicamente las áreas de la entidad.</li> <li>✓ Mantener un inventario de equipos contra incendios.</li> <li>✓ Asistir a las capacitaciones.</li> <li>✓ Realizar prácticas para mantenerse actualizado.</li> <li>✓ Entrenar y mantener un buen estado físico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificar la veracidad de la alarma.</li> <li>✓ Ubicar el área afectada.</li> <li>✓ Evaluar el área afectada.</li> <li>✓ Realizar control del evento y revisar el área afectada.</li> <li>✓ Controlar las fuentes de ignición.</li> <li>✓ Apoyar grupos de primeros auxilio y evacuación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inspeccionar el área afectada.</li> <li>✓ Apoyar en el restablecimiento de la zona afectada.</li> <li>✓ Mantener y reponer equipos utilizados.</li> <li>✓ Evaluar las entidades.</li> <li>✓ Entregar un reporte sobre el incidente.</li> </ul>
<b>Grupo de primeros auxilios</b>		
<b>Antes de la emergencia</b>	<b>Durante la emergencia</b>	<b>Después de la emergencia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisar e inventariar los equipos para atención de lesionados.</li> <li>✓ Asistir a capacitaciones y entrenamientos.</li> <li>✓ Entrenar y mantener un buen estado físico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ubicar el área del evento.</li> <li>✓ Evaluar el área y número de pacientes a atender.</li> <li>✓ Prestar primeros auxilios en forma inmediata y oportuna.</li> <li>✓ Transportar al centro de asistencia los pacientes en forma rápida y segura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluar la reacción y respuesta.</li> <li>✓ Mantener y reponer equipos de utilizados.</li> <li>✓ Entregar un reporte sobre lo sucedido.</li> </ul>
<b>Grupo de evacuación</b>		
<b>Antes de la emergencia</b>	<b>Durante la emergencia</b>	<b>Después de la emergencia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocer vías de evacuación y punto de reunión.</li> <li>✓ Conocer la entidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Informar a los ocupantes del área asignada la necesidad de evacuar.</li> <li>✓ Dirigir la evacuación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permanecer con los evacuados en el punto de reunión.</li> <li>✓ Verificar el área afectada cuando se autorice el reingreso.</li> </ul>

---

	✓ Controlar los brotes de pánico. ✓ Ayudar u ordenar la ayuda para el personal.	✓ Evaluar y ajustar los procedimientos con el jefe de evacuaciones. ✓ Ajustar el plan de evacuación.
--	--	---

Fuente elaboración propia.

### **5.6.5 Jefe de Intervención (J.I)**

Este dirigirá las operaciones de extinción en el punto de la emergencia, donde representa la máxima autoridad e informará y ejecutará las órdenes que reciba del Coordinador de Emergencia (C.E.). Deberá ser una persona permanentemente localizable durante la jornada laboral de manera similar a los de Brigadas de Emergencia, con un conocimiento bastante, profundo teórico-práctico en seguridad contra incendios, buenas dotes de mando y un profundo conocimiento del Plan de Autoprotección.

### **5.6.6 Coordinador Emergencia (C.E)**

Es la máxima autoridad en la empresa durante las emergencias. Efectuara su trabajo desde el centro de control (lugar donde se centraliza las comunicaciones) a la vista de las informaciones que reciba del Jefe de Intervención desde el punto de la emergencia.

Poseerá sólidos conocimientos de seguridad contra incendios y del Plan de Autoprotección debiendo ser una persona con dotes de mando y localizable durante las 24 horas del día. Decidirá el momento de la evacuación del establecimiento.

### **5.6.7 Restablecimiento de actividades y operación**

Las actividades se retoman dependiendo de la situación relacionada con el incidente, como lo son:

- En caso de simulacros, la orden de reingreso se efectúa hasta que se reciben las indicaciones del Jefe de Emergencia.
- Frente a una situación real de incendio, se deberán esperar las indicaciones de las autoridades competentes.

## 5.7 Diagramas operacionales para el desarrollo del plan

Se diseñaran diagramas de flujo que contengan las secuencias de actuación de cada equipo en función de la gravedad de la emergencia. Estos esquemas se referirán de forma simple a las operaciones a realizar en las acciones de alerta, intervención y apoyo entre las Jefaturas, los Equipos y Brigadas de Emergencia.

## 5.8 Estructura organizacional ante emergencias

En situaciones de emergencia, el STC Metro debe establecer ciertas funciones que permitan actuar de manera eficiente y oportuna, aclarando que ante la ocurrencia de una emergencia, esta forma organizativa, reemplaza las funciones de autoridad y la normalidad de la empresa en cuanto a roles de labores.

A continuación en el siguiente diagrama se muestra la actuación en casos generales de emergencias. Ver **figura 25**.

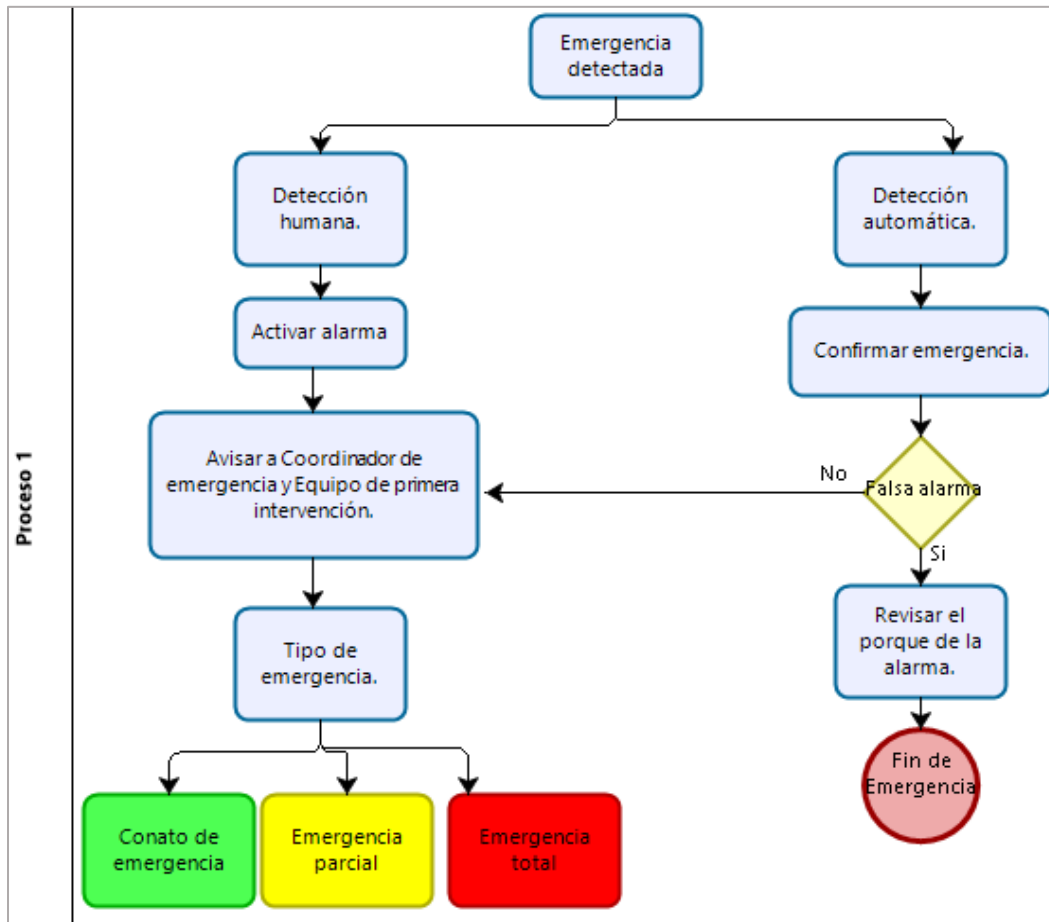


Figura 25. Diagrama de actuación general en caso de emergencia.

Fuente: Elaboración propia.



En la **figura 26** se muestra qué se debe hacer en caso de que el tipo de emergencia sea de un conato de emergencia.

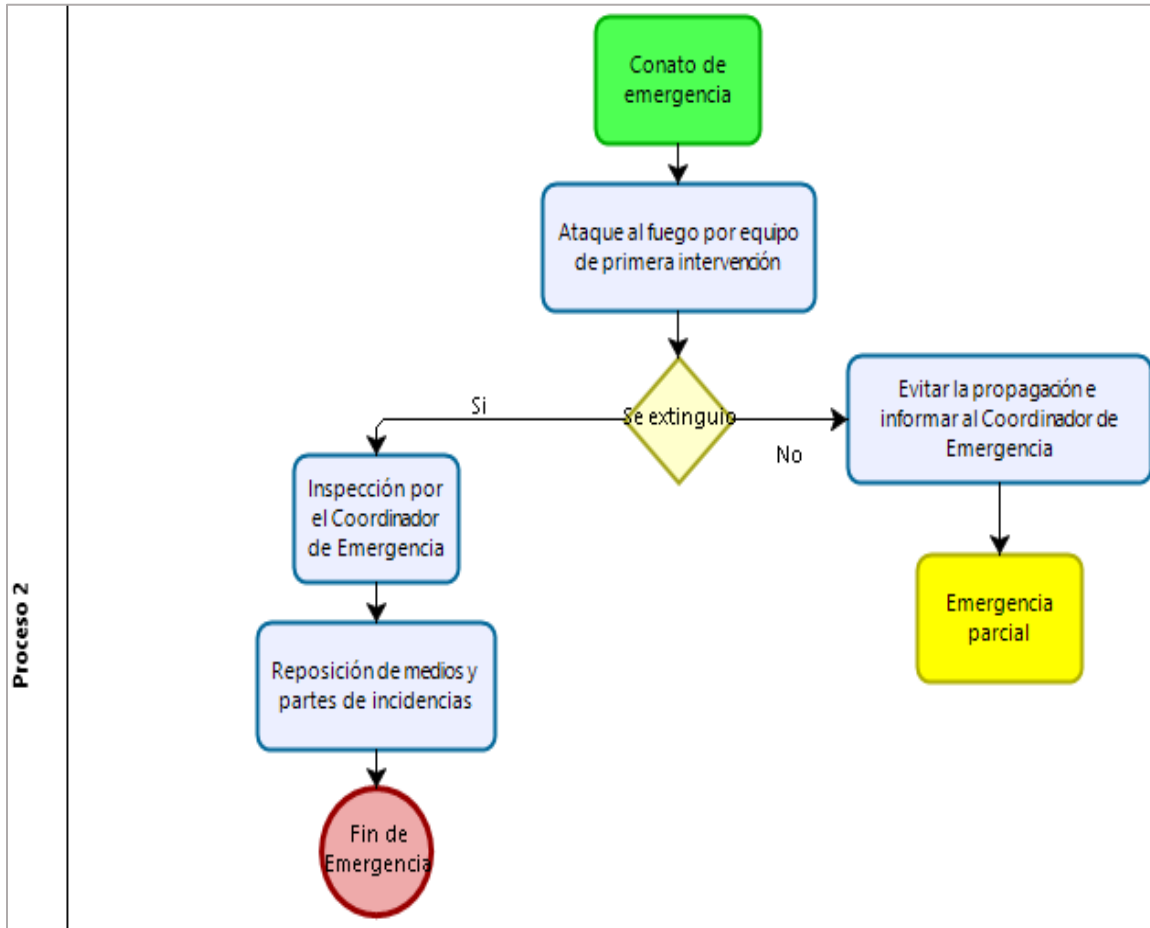


Figura 26. Diagrama de actuación en caso de que sea un conato de emergencia.  
Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 27** se muestra qué se debe hacer en caso de que ocurriera una emergencia parcial.

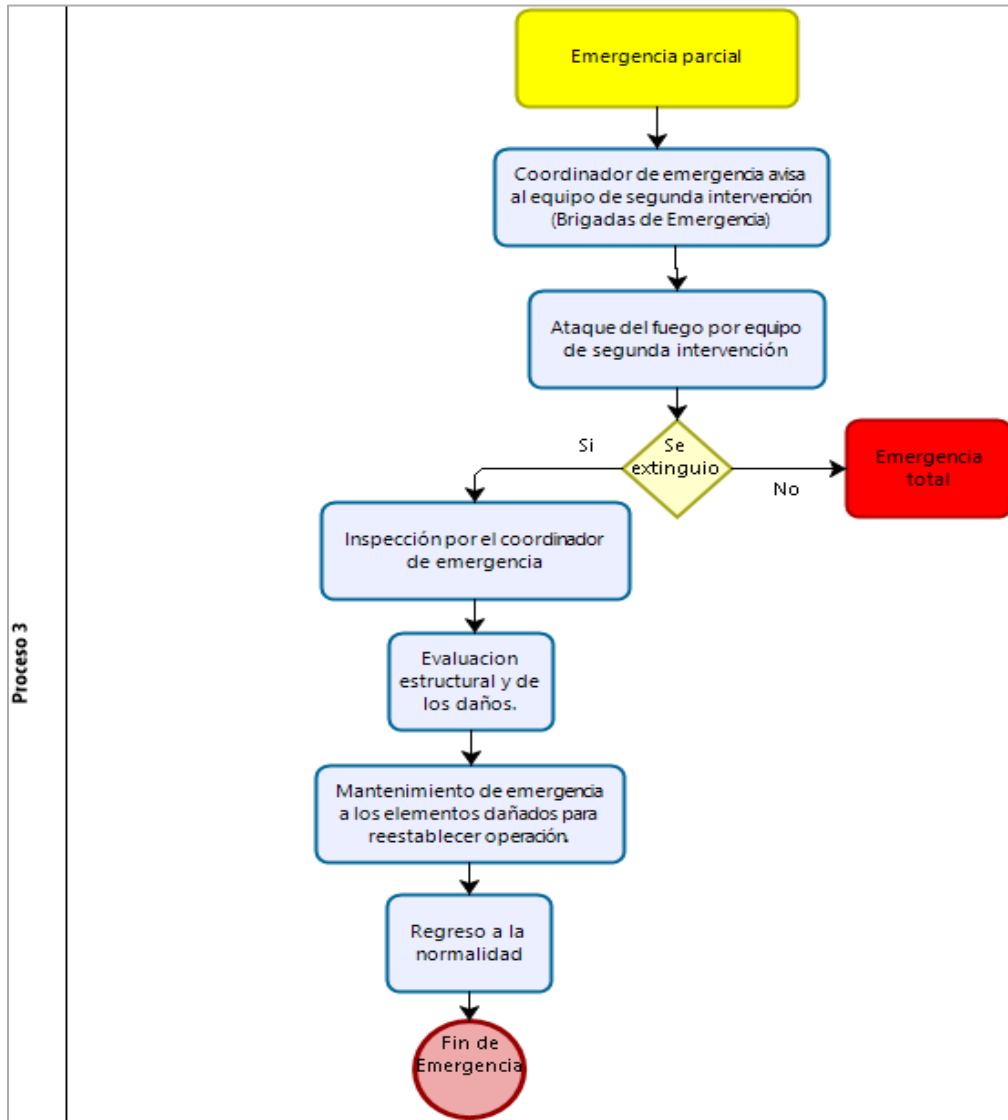


Figura 27. Diagrama de actuación en caso de que sea una emergencia parcial.  
Fuente: Elaboración propia.

En caso de que hubiera una emergencia general se muestra el siguiente diagrama de actuación. Ver **figura 28**.

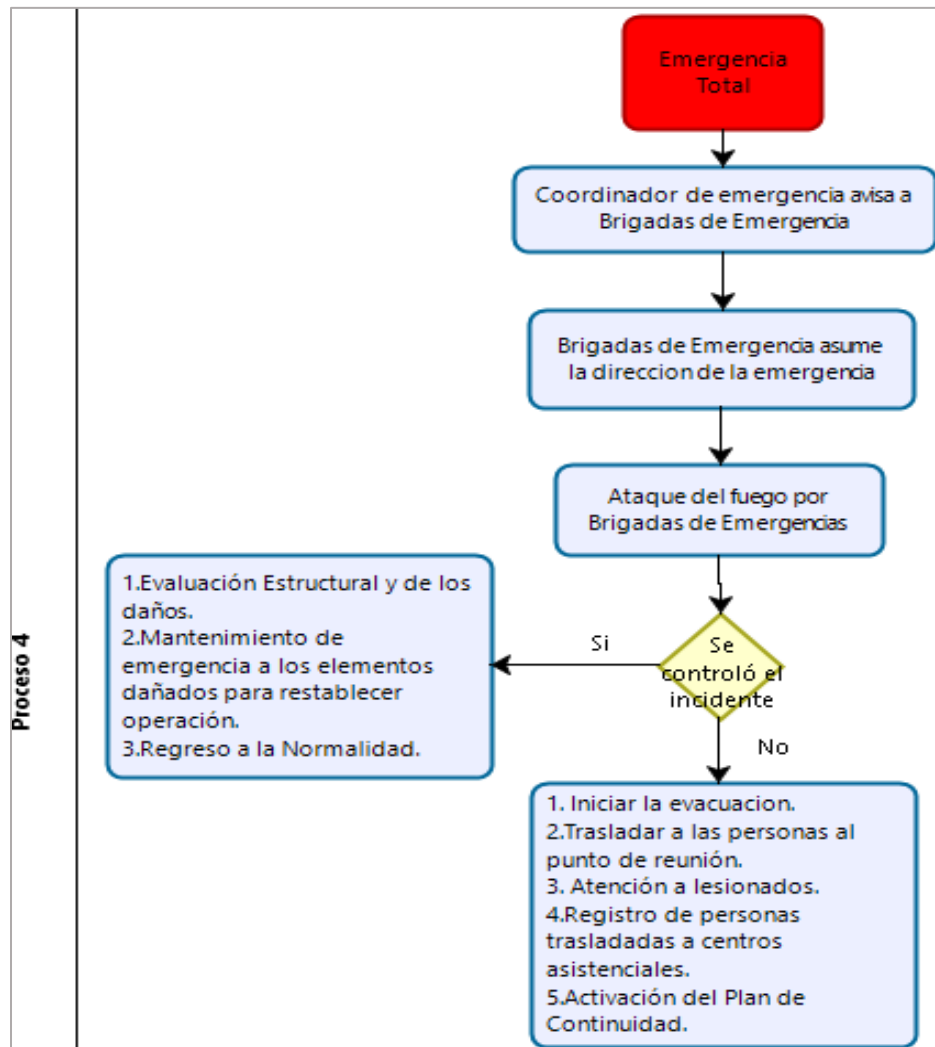


Figura 28. Diagrama de actuación en caso de emergencia total.

Fuente: Elaboración propia.

En cada uno de los diagramas anteriores se muestra cómo actuar en caso de que ocurran diferentes niveles de emergencia en la estación.

## 5.9 Revisión de los equipos de lucha contra incendios

Los equipos de lucha contra incendios deberían ser contemplados también en las revisiones periódicas de los lugares de trabajo a realizar por los responsables de las diferentes unidades, con el fin de detectar posibles anomalías frecuentes (localización, ausencia del equipo, ubicación incorrecta, etc.). De esta forma se pretende que tales equipos sean considerados como algo propio de cada estación del Metro y, por lo tanto, sean controlados en primera instancia por los responsables directos.

A continuación se muestran las operaciones a realizar por el personal especializado de los equipos. Ver **tabla 21**.

*Tabla 21. Operaciones a realizar por el personal experto de mantenimiento de equipos.*

Equipo	Cada de 3 meses
<b>Sistemas automáticos de detección y alarma de incendios.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Comprobar el funcionamiento de las instalaciones.</li> <li>○ Mantenimiento de acumuladores (limpieza de bornes, reposición de agua, etc.).</li> </ul>
<b>Sistema manual de alarma de incendios.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Comprobar el funcionamiento de la instalación (con cada fuente de suministro).</li> <li>○ Mantenimiento de acumuladores (limpieza de bornas, reposición de agua, etc.).</li> </ul>
<b>Extintores de incendios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Comprobar el estado de carga (peso y presión) del extintor y estado de las partes mecánicas (boquilla, válvulas, mangueras, etc.)</li> </ul>
<b>Hidrantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Quitar las tapas de las salidas, engrasar la rosca y comprobar el estado de los racores (válvula de conexión con mangueras de incendios).</li> </ul>

Fuente elaboración propia.

Se tendrán reuniones con todos los trabajadores con el fin de informarlos sobre el Plan de Emergencias, entregando a cada uno por escrito las consignas generales de autoprotección a conocer y tomar. Estas serán:

- ✓ Precauciones para evitar las causas que pueden originar una emergencia.
- ✓ Forma en que deben informar cuando detecten una emergencia.

- ✓ Forma en que se les transmitirá la alarma.
- ✓ Información de lo que se debe hacer ante una emergencia.

Los equipos de emergencia y los jefes recibirán formación y adiestramiento adecuados a las misiones que se les encomiendan en el plan. Al menos una vez al año se programarán cursos y actividades de este tipo.

Asimismo, para información de los usuarios del Metro se recomienda colocar carteles sobre prevención de riesgos y actuación en caso de emergencia.

### 5.10 Simulacros

Se efectuarán al menos una vez al año. Su principal función será:

- Detectar errores u omisiones tanto en el contenido del Plan como en las actuaciones a realizar para su puesta en práctica.
- Evacuar la estación.
- Prueba de suficiencia equipos y medios de comunicación, alarma y señalización.
- Adquirir experiencia y habilidades en el uso de equipos y medios.
- Estimación de tiempos de evacuación, de intervención de equipos propios y de intervención de ayudas externas.
- Evaluar la habilidad del personal en el manejo de la situación y complementar su entrenamiento.

Los simulacros deberán realizarse con el conocimiento y con la colaboración del cuerpo de bomberos u otras ayudas externas que tengan que intervenir en caso de emergencia.

Para realizar un simulacro en la entidad, se tiene en cuenta las siguientes tres fases:

1. **Planeación de la actividad:** Se planeará qué hacer en el simulacro.
2. **Ejecución de la actividad:** Es la fase en la que se requiere la mayor atención. Estas se divide en varias partes:
  - Reunión del comité organizador para realizar los últimos ajustes a la actividad, repasar los pasos por seguir y detectar inconvenientes o imprevistos.
  - Supervisión del área en donde va a suceder la emergencia ficticia.

- Comunicación con las instituciones que prestan ayuda en situaciones de emergencia.
  - Definición de la evacuación y del tipo de evacuación: total o parcial. Orden de evacuación, designación del lugar de concentración de los evacuados e iniciación de la evacuación.
  - Instalación del centro de atención a los lesionados.
  - Concentración de los participantes en un lugar predeterminado para la evaluación de la actividad.
3. **Evaluación de la actividad:** Esta fase es especialmente importante para sacar conclusiones que servirán de base para realizar ajustes y corregir errores. En este punto se deben cumplir ciertos puntos al momento del simulacro:
- Establecer si las rutas de evacuación funcionaron como estaba previsto y que fallas se presentaron.
  - Analizar el comportamiento que las personas tienen durante el simulacro.
  - Evaluar el tiempo de evacuación y si fue óptimo o no, de acuerdo con lo planeado.

### 5.11 Programa de Mantenimiento

Se preparará un programa anual con su correspondiente calendario, que comprenderá las actividades siguientes:

- a) Cursos periódicos de formación y adiestramiento del personal.
- b) Mantenimiento de las instalaciones que presenten un riesgo potencial de incendio.
- c) Mantenimiento de las instalaciones de detección, alarma y extinción.
- d) Inspección de seguridad
- e) Simulacros de emergencia

### 5.12 Activación del Plan de Continuidad

A continuación se describen las actividades a realizar en el proceso de activación y desactivación del plan de continuidad (PC), el cual contiene las estrategias que permiten ofrecer nuevamente los servicios de la entidad.

- a) Activación del plan de continuidad

El comité de emergencias, comunicará personalmente, en forma escrita o telefónicamente al jefe de la oficina de tecnologías de la información y se hará un registro de dicha decisión.

b) Desactivación del plan de continuidad

El comité de emergencias, definirá el momento en el cual se haya normalizado la emergencia en cuanto al factor humano y estructura, por lo cual se desactivara el PC, dicha decisión será comunicada personalmente, y en forma escrita o telefónica el jefe de la oficina de tecnologías de la información y se dejará un registro.

### **5.12.1 Plan de evacuación**

El Plan de Evacuación de la Entidad es el conjunto de acciones y procedimientos tendientes a que todas las personas presentes en la Entidad y que en un momento dado estén inmersas en una de las amenazas o riesgos descritos en el análisis de vulnerabilidad u otros, sean manifestados o materializados, protejan su vida e integridad física, mediante el desplazamiento hasta los lugares de menos riesgo.

El plan de evacuación debe estar:

- Escrito para que permanezca.
- Aprobado para que se institucionalice.
- Publicado para que todos lo conozcan.
- Enviado a todos los miembros de la entidad para ser puesto en práctica y saber cómo actuar frente a una emergencia.

La principal función será:

- ✓ Desarrollar una rápida detección, un rápido y adecuado reporte de cualquier tipo de amenazas que pueda poner en peligro la integridad de las personas.
- ✓ Frente a la detección de una amenaza, garantizar una rápida voz de alarma que permita dar a conocer de manera inmediata y uniforme a todo el personal de la entidad, la necesidad de desalojar.

- ✓ Garantizar que los ocupantes de las instalaciones se logren poner a salvo de cualquier amenaza que pueda poner en peligro su integridad personal. Esta acción se debe hacer de manera rápida y organizada.
- ✓ Prestar primeros auxilios a personas lesionadas o enfermas que lo requieran.
- ✓ Intentar un control inmediato, provisional y adecuado del conato de emergencia, siempre y cuando esto no represente peligro para la integridad de las personas.
- ✓ Mantener un adecuado reporte informativo en general a cerca de las situaciones ocurridas y personas afectadas.
- ✓ Dar a conocer las rutas de evacuación y los puntos de encuentro.

### 5.12.2 Alarmas

Actualmente la empresa posee sistemas de alarma general y dentro del metro de la estación Zapata.

Según el tipo de emergencia y sus posibles consecuencias es como se actuará en la empresa. En caso de activación del sistema contra incendios, la evacuación será de forma inmediata.

**Capacitación:** En caso de que haya personal nuevo en la institución, se realizará el proceso de inducción y para el personal se realizarán capacitaciones por grupos en sus puestos de trabajo, de manera periódica, como mínimo dos veces al año o más.

### 5.12.3. Fases del proceso de alarma

**Primera fase:** Detección de la emergencia, esta fase corresponde al tiempo transcurrido desde que se origina la emergencia.

**Segunda fase:** Alarma, una vez que los usuarios del Metro han detectado el riesgo o amenaza dentro de las instalaciones del Metro se hace activación de la alarma.

**Tercera fase:** Preparación de la evacuación, dependiendo del tipo de emergencia en este proceso se hará lo siguiente:

- ✓ Interrumpir el fluido eléctrico y apagar los equipos con los que se está trabajando.
- ✓ Recordar las vías de evacuación y el lugar de la reunión por parte de los brigadistas.



#### **5.12.4 Procedimiento general para evacuar las instalaciones**

Luego de dar la señal de alarma se ponen en práctica los procedimientos tendientes a evacuar el personal y de ser posible el control de la situación que lo originó.

Actividades que deberán llevarse a cabo luego de la detección de la emergencia y activación de alarma, teniendo en cuenta la magnitud del evento:

- ✓ Comunicarse con el comandante de incidentes y/o brigada de emergencia e informar del tipo de evento y el sitio en el que se está presentando y quede alerta a recibir las instrucciones pertinentes.
- ✓ El coordinador de la brigada o brigadista, una vez informado de lo ocurrido, se desplaza hasta allí para evaluar la magnitud del peligro, controlar la situación y reportar el incidente, en casos extremos, quien decidirá si es necesario evacuar parcial o totalmente.
- ✓ En caso de evacuación general se dará aviso por medio del Director de Emergencias o a quien esté a cargo, para que todos los usuarios y personal se desplacen hacia el sitio de reunión.
- ✓ El comandante de incidencias se debe comunicar con el personal de enlace o personal designado, para dar la orden si es necesario los responsables de socorros correspondientes (bomberos, cruz roja, policías, protección civil etc.).
- ✓ Los coordinadores de evacuación inician el proceso de preparación para la salida y esperan la confirmación de la orden de evacuación.
- ✓ Al ser confirmada la evacuación, todos los usuarios y trabajadores se desplazarán hacia el punto de reunión y permanecerán en el lugar hasta nueva orden.
- ✓ Cuando sea controlada la emergencia y se considere seguro el regreso a las instalaciones, el comandante de incidente lo comunica al personal en el punto de reunión.

#### **5.12.5 Punto de reunión**

Con el objetivo de garantizar y salvaguardar la vida y la seguridad de los usuarios evacuados, este deberá ser reunido en una zona segura y alejada lo más posible del lugar de la emergencia y en un espacio que no implique riesgo para quienes evacuaron y allí se reúnen.

### **5.12.6 Evacuación de heridos**

En caso de presentarse algún lesionado durante la emergencia o durante el proceso de evacuación, este deberá ser trasladado al punto de reunión y de ser necesario, el coordinador de la brigada de emergencia ordenará su traslado a las instituciones asistenciales establecidas.

Además el STC Metro cuenta con un seguro institucional mediante el cual se garantiza la atención de los usuarios que resultan lastimados o lesionados.

### **5.13 Plan de divulgación y capacitación**

La divulgación del Plan de Emergencia debe ser planeado y desarrollado por el área de seguridad y salud en el trabajo con la participación del área de comunicaciones, áreas que determinarán las estrategias para su divulgación contando con el comité de emergencias.

El sistema de divulgación se desarrollará permanentemente a través de capacitaciones, medios electrónicos, audiovisuales o cualquier otro medio que se tenga disponible al interior de la Entidad.

#### **5.13.1 Divulgación del Plan de Emergencia**

Se realizará con las personas de: comité de emergencias, brigadas de emergencias y coordinadores de evacuación. Se llevará un registro de las actividades de capacitación y formación mediante registros firmados por quienes reciban las capacitaciones o divulgación del Plan.

### **5.14 Grupo de seguridad física**

Su principal cargo será:

- Colaborar con el ingreso y salida del grupo de atención.
- Apoyar al Médico o a la Brigada de Primeros Auxilios.
- Si el área del siniestro es considerada de riesgo, se coordinará con la policía el aseguramiento de la zona para facilitar y autorizar los desplazamientos.

### **5.15 Evaluación, revisión y actualización**

- Mínimo una vez al año se reunirán la alta dirección, donde deberán evaluar, revisar y ajustar actualizaciones, independientemente que se haya presentado emergencias o no.

- Extraordinariamente o con presencia de un evento, se harán los ajustes necesarios que sean exigidos por una situación específica dada.
- El Coordinador de la brigada de emergencias, dará a conocer los resultados de evaluaciones, cambios y/o ajustes que se realicen, ante toda la entidad.
- La brigada de emergencias se deberá reunir por lo menos una vez cada dos meses para establecer acciones de seguimiento al plan y sus componentes de tal manera que se puedan generar acciones de mejora. Esta reuniones quedarán establecidas en un una acta con lo acordado, responsables, recursos y fechas.

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

En el objetivo de la investigación se planteó hacer un estudio de las condiciones de seguridad contra incendio en el Metro Línea 3 Indios Verdes- Universidad, caso particular estación Zapata y proponer medidas pertinentes para la prevención de los problemas o riesgos que pudieran existir hoy en día.

Empleando herramientas como la lista de verificación y la matriz de riesgos se identificaron variables de riesgo con un pequeño pero significativo índice de riesgo como:

- No hay hidrantes en unidad (metro) y con un índice de riesgo del 72% y se encuentra en un nivel de riesgo crítico.
- Botones de emergencia dañada y en mal estado. Tiene un índice de riesgo del 10% y se encuentra en un nivel de riesgo bajo.
- Fallas en el ferrocarril. Tiene un índice de riesgo del 60% y se encuentra en un nivel de riesgo crítico.
- Basura en los rieles. Tiene un 27.5 % de índice de riesgo y con un nivel de riesgo medio.
- Ocasionalmente faltan extintores en la estación. Tiene un índice de riesgo de 27.5% de índice de riesgo con un nivel de riesgo medio
- Exceso de pasajeros en el andén. Con un índice de riesgo del 11% y con un nivel de riesgo bajo.

En la **figura. 29** se muestran los índices de riesgos de acuerdo a los resultados obtenidos.

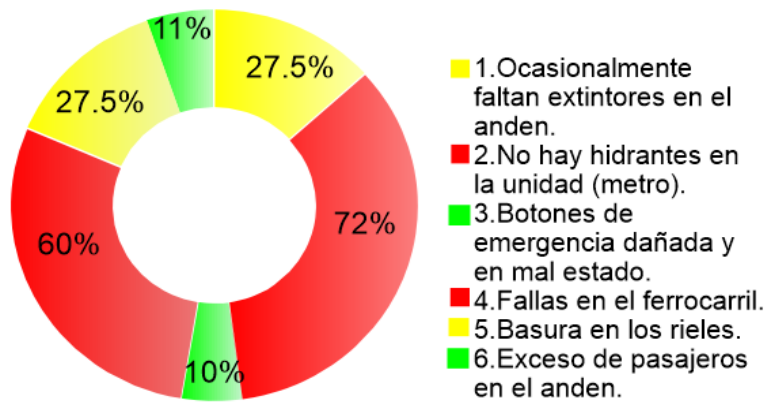


Figura 29. Índices de riesgos de acuerdo a los resultados obtenidos de la matriz de riesgos.  
Fuente: Elaboración propia

Por lo cual resulta evidente que en caso de que ocurriera una emergencia que no se pudiera controlar la empresa sufriría grandes daños y no solo la empresa si no también los usuarios que utilizan el sistema.

El diagrama de árbol de fallas se hizo bajo un supuesto y se analizó el evento tope para determinar un incendio en el Metro de la estación Zapata. En caso de que los eventos mencionados en este diagrama se combinarán esto provocaría un desencadenamiento de incendio de lo cual para el metro repercutiría mucho ya que si el incendio fuera de gran magnitud, esto traería grandes pérdidas humanas y causaría un gran daño a la infraestructura.

Considerando que el Metro tiene varios factores que pueden desencadenar un accidente de incendio, se propone mejorar el Plan de Emergencia Contra Incendios en el Metro.

Mejorar el Plan de Emergencia Contra Incendios ayudará a:

- ✓ Identificar y valorar los riesgos que puedan generar emergencias (magnitud, posibilidad).
- ✓ Organizar los medios humanos y materiales que permitan dar frente a las emergencias.
- ✓ Aplicar los procedimientos operativos para reestablecer las condiciones normales de operación.
- ✓ Y reducir pérdidas humanas y económicas.

## Recomendaciones

Para evitar y/o disminuir cualquier tipo de propagación de incendio se recomienda tener en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ Colocar vallas en todo el pasillo de abordaje con puertas corredizas para evitar y/o prevenir que a causa de los accidentes haya retardos en la llegada de los trenes.
- ✓ Poner dentro de todos los vagones de la unidad extintores contra incendios.
- ✓ Hacer inspección de que no haga falta ningún equipo contra incendios.
- ✓ Instalar un sistema de alarma el cual sea capaz de dar alerta del inicio de un conato de incendio.
- ✓ Es importante que los vagones tengan detectores de humo, calor y flamas.
- ✓ Realizar limpieza en los tuneles, en los motores y dar mantenimiento al sistema eléctrico ya que grandes accidentes son causados por la combinación de un chispazo y la basura.
- ✓ Promover que dentro de cada vagón se difundan carteles de qué hacer en caso de que se produzca un incendio.
- ✓ Hacer difusión de qué hacer ante una emergencia de propagación de fuego en el sitio web y/o colocarlas carteles en los pasillos de la estación.

## Glosario

**Metro:** Tren metropolitano o tren subterráneo, se denomina a los “sistemas ferroviarios de transporte masivo de pasajeros” que operan en las grandes ciudades para unir diversas zonas de su término municipal y sus alrededores más próximos. (JavierMartin, 2019).

**Anden:** Es la plataforma elevado donde la gente espera a que llegue el metro.

**Marco Legal de Seguridad:** Es la que nos rige en México en materia de Salud Laboral se cita de acuerdo a las obligaciones que nos aplica. (Cintya, 2017).

**Metodología:** Es la explicación de los mecanismos utilizados para el análisis de nuestra problemática de investigación.

**Plan de emergencia:** Es el documento escrito que recoge el conjunto de medidas de prevención y protección previstas e implantadas, así como la secuencia de actuaciones a realizar ante la aparición de un siniestro.

**Red húmeda:** Es un arranque de agua de 25 mm como mínimo, con llave de paso y de salida de 25 mm a la que deberá conectarse a una manguera de igual diámetro.

**Red seca:** Es un elemento para edificios de cinco o más pisos, y se establece que esta red metálica sea independiente para el agua.

**Riesgo:** Probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso determinado sobre la salud humana, los bienes materiales o el medio ambiente, como consecuencia de la exposición a un peligro que puede materializarse a través de un suceso accidental.

**Amenaza:** Es un fenómeno o proceso natural o causado por el ser humano que puede poner en peligro a las personas.

**Accidente:** Toda lesión que sufre una persona a causa de su trabajo y que le produzca lesiones de incapacidad o muerte.

**Vulnerabilidad:** Es la debilidad o grado de exposición de un sujeto, objeto o sistema.

**Probabilidad:** Son todos los resultados posibles de un evento o experimento

**Combustible:** Es la materia que se quema (se oxida).

**Comburente:** Es lo que reacciona (oxida) con el combustible generando la combustión.

**Flashover:** Es un fenómeno que se observa en incendios confinados en los cuales de forma repentina todas las superficies combustible, comienzan a arder a consecuencia de la radiación provenientes de las llamadas que recorren el techo.

**Energía de radiación:** Es la transferencia de calor por radiación electromecánica. La energía transmitida por esta vía es emitida en un lugar y absorbida en otro. Los tipos de radiación dependen de los cuerpos que los emiten.

**Backlayering:** Es el retroceso de los humos calientes en dirección contraria a la dirección del viento o de la corriente al aire aplicada. Se producen principalmente en incendios en los tuneles.

**Requisitos legales:** Son un soporte de prevención de riesgos laborales.

**Tratamientos:** Son las posibles soluciones para prevenir y/o minimizar los daños en materia de lesiones y enfermedades o una combinación de ambas.

**Usuario:** Es toda persona que se encuentre dentro de las instalaciones del STC. Llámese entrada o salida a las estaciones, pasillos, elevadores, andenes, edificios, talleres, clínicas, guardería, deportivo y trenes.



Anexos

Anexo A

**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Aplicación de Cuestionario**

**Estudio de las Condiciones de Seguridad Contra Incendios en el Metro Línea 3 Indios Verdes- Universidad, Caso Particular Zapata.**

Aplicado por: Ing. Yasmin Chagala Cagal  
 Aplicado a: Lic. Edgar Alfredo Abarca Pérez  
 Coordinador de protección civil  
 Área: Protección civil  
 Folio: 1151

- ¿Cada cuánto tiempo le dan mantenimiento a las unidades del metro (tren)?  
 Si  No  Cual Cada 6 meses
- ¿Cuáles son las variables de riesgos que ocurren regularmente?  
 Si  No  Cual son paro del metro por zapatas pegadas, falla de sistema eléctrico.
- ¿Tienen el registro de las averías que ocurren en el STC Metro?  
 Si  No  Cual Cada estación debería tenerlo pero en general no en específico
- ¿Cada cuánto tiempo hacen limpieza en los túneles y en las estaciones del metro?  
 Si  No  Cual Cada mes y se saca un aproximado de 200 toneladas de basura
- ¿Las averías regularmente porque son ocasionadas?  
 Si  No  Cual Por basura: latas de refresco, papel, envolturas de metal y ferros.
- ¿Ha habido intoxicados, desmayados a causa de alguna avería en la estación?  
 Si  No  Cual Y también gente quemada por chispazos.
- ¿Cuándo hay alguna avería en el transcurso de que el metro está en función. los paros de cuánto tiempo son?  
 Si  No  Cual los paros son dependiendo de la causa o gravedad. Los paros son de 10 a 15 min.
- ¿Tienen croquis de las ubicaciones de los equipos contra incendios?  
 Si  No  Cual Cada jefe de estación lo tiene.
- ¿Cada cuánto tiempo le dan mantenimiento o rellenan los extintores?  
 Si  No  Cual Conforme se utilizan son rellenados. y se cambian por uso o vigencia.
- ¿Cuándo ocupan un extintor al momento lo rellenan? O ¿tarda en ser repuesto el extintor?  
 Si  No  Cual Al momento se rellena

Anexo B

11. ¿Se cuenta con el suministro de agua?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>Cada estación debería contar con el suministro de agua.</u>
12. ¿Cuándo los botones de emergencia están dañada quien está a cargo de que esta sea reparada?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>El jefe de estación y sus auxiliares son los encargados de repararlo.</u>
13. ¿Se realiza mantenimiento preventivo y correctivo en las unidades?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>El mantenimiento es constante.</u>
14. ¿Por qué en la estación zapata hay más policías (Elementos de seguridad) que en otras estaciones?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>Esto es dependiendo a lo que haya solicitado la estación.</u>
15. ¿Qué tipo de combustible utiliza el tren que pudiera desencadenar un conato de incendio?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>Electrico y aceite para motor SAE 40 que significa aceite para motor gasolina y diesel.</u>
16. ¿Existen diagramas de actuación en caso de que ocurriera un incendio en sus 3 diferentes fases (conato de emergencia, emergencia parcial y emergencia total)?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u></u>
17. ¿Tienen una estructura organizacional ante emergencias?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>NOM -009-STPS-2011</u>
18. ¿Cuáles son las normas que manejan en cuanto a seguridad contra incendios en el metro?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>Cada estación y area tiene 10640.</u>
19. ¿Cuáles son los números de emergencia en caso de algún accidente dentro de las instalaciones?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>NOM-009-STPS-2011 Cual NOM-002-STPS-2010</u>
20. Tienen documentado todo lo que se debe hacer en caso de que ocurriera algún incendio de gran magnitud?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>El 911 y el PCM (Puesto Central de Monitoreo) y este da aviso al centro de comando.</u>
21. ¿Cuentan con la Activación del Plan de Continuidad?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Cual <u>Manual de la Coordinación de Protección Civil.</u>
Observaciones:	<u>Al personal de OTC Metro reciben capacitaciones y hacen simulacros cada 3 meses. Se manejan 3 hipótesis: por tórama, incendio y amenaza de bomba.</u> <u>Se hacen reportes de la anomalías en la estación y cada jefe de estación tiene el control de estos.</u> <u>Los reportes se hacen en general no especifico.</u>		

## Anexo C

El Metro contrata un seguro de viaje cada año, la póliza vigente para el periodo abril-diciembre del 2018 está contratada con Afirme Seguros y es la que protege a todos los usuarios que sufren algún accidente dentro de las instalaciones del STC (Zamora, 2019).

**Riesgos cubiertos por el STC:** Daños a terceros en sus personas, de los que el STC sea legalmente responsable.

**¿Qué ampara?** Asistencia médica necesaria para el restablecimiento de las lesiones, pérdida de miembros, incapacidad parcial o total temporal, incapacidad parcial o total permanente, daño moral, gastos funerarios e indemnización por muerte.

- ✓ **El metro no ampara:** los suicidios demostrado, muerte u otra pérdida causada directa o indirectamente por enfermedades corporales o mentales, ni tampoco cubrirá el suicidio del viajero o cualquier contado del mismo.
- ✓ **La cobertura del seguro asciende a:**
  - ✓ Muerte: \$325,000
  - ✓ Gastos médicos: \$307,038
  - ✓ Gastos por defunción: \$16,824
- ✓ El asegurado tendrá la obligación de comunicar a la compañía por escrito, a más tardar dentro de los 15 días siguientes a partir de que la unidad de Administración de Riesgos del Organismo tenga conocimiento del evento, que pudiera dar lugar a indemnización.

En la **tabla 22** se puede observar los accidentes que ha cubierto el STC en algunos años.

*Tabla 22. Accidentes que ha cubierto el STC Metro.*

Costos de siniestros de equipo rodante (Pesos)		
Año	Siniestro.	Cantidad
2014	Daños en un tren en terminal El Rosario Línea 7	\$5,345,054
2015	Colisión de trenes en estación Oceanía Línea 5	\$65,085,032
2016	Descarrilamiento en estación Politécnico Línea 5	\$8,012,237
2017	Daños a un vagón por corto circuito en taller de Zaragoza	\$1,028,752

Fuente: (Zamora, 2019)

## Bibliografía

- Abengozar, S. O. (2012). *Los origene de los ferrocarriles metropolitanos subterraneos*. Recuperado el Mayo de 2017, de [www.arquitecturaviva.com/media/Documentos/premio\\_olivares\\_abengozar\\_susana.pdf](http://www.arquitecturaviva.com/media/Documentos/premio_olivares_abengozar_susana.pdf)
- Arboles de fallos*. (16 de junio de 2018). Obtenido de [http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos\\_cualitativos/cuali\\_33.htm](http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_33.htm)
- Balear, M. (2018). *Manual de Seguridad Contra Incendios y Plan de Emergencias*. Obtenido de <https://www.mutuabalear.es/verFichero.php?id=283>
- Bonet, P. (30 de Octubre de 1995). *289 muertos por un incendio en el metro de la capital de Azerbaián en plena hora punta*. Obtenido de [elpais.com/diario/1995/10/30/internacional/815007605\\_850215.html](http://elpais.com/diario/1995/10/30/internacional/815007605_850215.html)
- CDMX, M. (Enero-Marzo de 2016). *Afluencia de estación por línea* . Obtenido de Cifras de Operación en el STC: <https://metro.cdmx.gob.mx/afluencia-de-estacion-por-linea-2016>
- CDMX, M. (19 de Diciembre de 2018). *Afluencia por tipo de acceso 2018*. Obtenido de <https://metro.cdmx.gob.mx/afluencia-por-tipo-de-acceso-2018>
- CDMX, m. (6 de Mayo de 2018). *Cantidad de usuarios por trimestre del año 2018 y el primer trimestre del año 2019*. Obtenido de [metro.cdmx.gob.mx](http://metro.cdmx.gob.mx)
- CDMX, M. (2018). *Mapa de la Red*. Obtenido de Gobierno de la Ciudad de México: <https://metro.cdmx.gob.mx/la-red/mapa-de-la-red>
- CDMX, M. (27 de Febrero de 2018). *Parque vehicular*. Obtenido de Gobierno CDMX: <https://metro.cdmx.gob.mx/parque-vehicular>
- CDMX, M. (18 de Enero de 2019). *DISTRIBUCIÓN DE TRENES*. Obtenido de Metro CDMX: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/parque-vehicular>
- CDMX, M. d. (2 de Agosto de 2018). *Linea 3*. Obtenido de [www.metro.cdmx.gob.mx/la-red/linea-3](http://www.metro.cdmx.gob.mx/la-red/linea-3)
- Cintya. (27 de Mayo de 2017). *Seguridad e Higiene*. Obtenido de <http://cynthya-102094.blogspot.com/2012/05/marco-legal-de-seguridad-e-higiene-en.html>
- Clarín. (29 de Julio de 2007). *Un incendio en el metro de París provoco alarma*. Obtenido de [www.clarin.com/ediciones-antteriores/incendio-metro-paris-provoco-alarma\\_0\\_Hy9gQ4l1Rtx.html](http://www.clarin.com/ediciones-antteriores/incendio-metro-paris-provoco-alarma_0_Hy9gQ4l1Rtx.html)
- Diario, E. (3 de Febrero de 2015). *Siete muertos en el peor accidente de la historia de Metro-North*. Obtenido de [eldiariony.com/2015/02/03/siete-muertos-en-el-peor-accidente-de-la-historia-de-metro-north/](http://eldiariony.com/2015/02/03/siete-muertos-en-el-peor-accidente-de-la-historia-de-metro-north/)

EcuREd. (14 de Marzo de 2017). *Túnel*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/T%C3%BAnel>

elmundo.es. (12 de julio de 2006). Cientos de evacuados en el metro de Chicago por el descarrilamiento de un tren. *Cientos de evacuados en el metro de Chicago por el descarrilamiento de un tren*, pág. 1.

General, S. (17 de Enero de 2006). *LEY FEDERAL DEL TRABAJO*. Obtenido de JUSTICIA MÉXICO: <https://mexico.justia.com/federales/leyes/ley-federal-del-trabajo/gdoc/>

gob.mx. (14 de Junio de 2018). *Normas Oficiales Mexicanas*. Obtenido de <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pidn=WDMrMUU3czFEQm9oN05wTGpLUFgyQT09>

Gómez, I. (21 de Abril de 2015). *Metro: extintores en peligro de extinción*. Obtenido de maspormas: <https://www.maspormas.com/especiales/metro-extintores-en-peligro-de-extincion/>

incendios, P. d. (28 de Diciembre de 2010). *Causas más frecuentes de los incendios*. Obtenido de <http://www.seguridadproteccioncontraincendios.es/causas-mas-frecuentes-de-los-incendios/>

INDUSTRIAL, E. P. (6 de Mayo de 2018). *Tipo y clasificación de extintores*. Obtenido de mis-Extintores: <http://www.misextintores.com/lci/tipo-y-clasificacion-de-los-extintores>

industries, m. m. (9 de Enero de 2015). *¿CUÁLES SON LAS ETAPAS DE UN INCENDIO?* Obtenido de metal manufacturing industries: <https://www.mmioopenings.com/cuales-son-las-etapas-de-un-incendio/>

Internacional, A. (19 de Febrero de 2003). *Un perturbado provocó una matanza al prender fuego a un metro en Corea del Sur*. Obtenido de [www.abc.es/internacional/abci-perturbadoprovocomatanza-prender-fuego-metro-jmkljncorea-200302190300-162848\\_noticia.html](http://www.abc.es/internacional/abci-perturbadoprovocomatanza-prender-fuego-metro-jmkljncorea-200302190300-162848_noticia.html)

JavierMartin. (11 de Julio de 2019). *Metro (transporte)*. Obtenido de EcuRed.

Lopez, J. (19 de Enero de 2018). *El Metro tiene un sobrecupo de un millón de usuarios al día*. Obtenido de [www.excelsior.com.mx/comunidad/2018/01/19/1214535](http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2018/01/19/1214535)

*Los 5 metros mas antiguos del mundo*. (29 de Marzo de 2016). Obtenido de Hergoros, S.L.: [www.hergoros.com/los-5-metros-mas-antiguos-del-mundo/](http://www.hergoros.com/los-5-metros-mas-antiguos-del-mundo/)

Maps, G. (13 de Noviembre de 2018). *Ubicación de la estación Zapata, línea 3, CDMX*. Obtenido de [www.google.com/maps/place/Metro+Zapata/@19.371113,-99.1647735,19.25z/data=!4m5!3m4!1s0x85d1ffbce83d43bd:0x480ad5d57312c1ff!8m2!3d19.3714075!4d-99.164207](https://www.google.com/maps/place/Metro+Zapata/@19.371113,-99.1647735,19.25z/data=!4m5!3m4!1s0x85d1ffbce83d43bd:0x480ad5d57312c1ff!8m2!3d19.3714075!4d-99.164207)

Milenio. (2 de Agosto de 2017). *Reportan incendio en estación de la L7 del Metro*. Obtenido de Milenio: [www.milenio.com/estados/reportan-incendio-en-estacion-de-la-l7-del-metro](http://www.milenio.com/estados/reportan-incendio-en-estacion-de-la-l7-del-metro)

- MODASA. (29 de Octubre de 2007). *TEORIA DEL FUEGO*. Obtenido de MODASA:  
<https://modasa2007.blogspot.com/search?q=teoria+del+fuego>
- Notimex. (10 de Septiembre de 2018). *Falla en tren provoca retrasos en Línea 3 del Metro*. Obtenido de EXCELSIOR: <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/falla-en-tren-provoca-retrasos-en-linea-3-del-metro/1264135>
- Pacheco, R. L. (22 de Junio de 2015). *Matriz de riesgos*. Obtenido de REsearchGate:  
[https://www.researchgate.net/figure/Figura-47-Matriz-de-riesgo-propuesta-La-calificacion-de-GRAVE-o-NO-GRAVE-responde-a-lo\\_fig13\\_278886098](https://www.researchgate.net/figure/Figura-47-Matriz-de-riesgo-propuesta-La-calificacion-de-GRAVE-o-NO-GRAVE-responde-a-lo_fig13_278886098)
- Plan de Emergencias*. (2018). Obtenido de Iprevengo:  
[https://ceoearagon.es/prevencion/prevengo/gestion/2\\_4\\_3\\_plan.htm#documento1](https://ceoearagon.es/prevencion/prevengo/gestion/2_4_3_plan.htm#documento1)
- profedet. (3 de Mayo de 2018). *Tipos asuntos*. Obtenido de  
<http://www.profedet.gob.mx/profedet/pdf/tipos-asuntos-profedet.pdf>
- PROINTEX, G. (25 de Octubre de 2018). *¿Qué son los hidrantes de incendios?* Obtenido de  
<https://www.grupopointex.com/hidrantes-de-incendios/>
- RIMAC, A. (2014). *Matriz de Riesgo*. Obtenido de RIMAC:  
<http://prevencionlaboralrimac.com/Herramientas/Matriz-riesgo>
- Seguridad, R. (2018). *¿Que es un hidrante?* Obtenido de <https://www.ruvaseguridad.com/blog/que-es-un-hidrante/index.html>
- Social, S. d. (9 de Diciembre de 2010). *Norma ficial Mexicana*. Obtenido de Diario Oficial:  
<http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/nom/33.pdf>
- Soler Aguiano Francisca Irene, A. E. (2009). *¿ Por qué hacer estudios de riesgos?* UNAM: UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Suhiltzailak, N. (s.f.). *Sistemas de ventilación en los túneles*. Obtenido de Bomberos de Navarra:  
<http://agenciabk.net/basededatos272.14.pdf>
- Técnicos, D. G. (2018). *Ventilación*. Obtenido de Manual de Diseño y Construcción:  
[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual\\_Tuneles/CAP016.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual_Tuneles/CAP016.pdf)
- Tesina. (20 de Marzo de 2018). *Túneles viarios urbanos*. Obtenido de Sistemas de ventilación y factores de dimensionamiento:  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6296/05.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Torres. (s.f.). *Ventilación de túneles*. Obtenido de TST:  
<https://www.tstservicios.com/noticias/ventilacion-de-tuneles/>

travelbymexico. (2017). *Línea 3 del Metro de la Ciudad de México*. Obtenido de  
[mr.travelbymexico.com/980-linea-3-del-metro/](http://mr.travelbymexico.com/980-linea-3-del-metro/)

travelbyméxico. (Septiembre de 2017). *Línea 3 del Metro de la Ciudad de México*. Obtenido de  
[mr.travelbymexico.com/980-linea-3-del-metro/](http://mr.travelbymexico.com/980-linea-3-del-metro/)

Universal, E. (11 de Junio de 2012). *Caos y gente desesperada por falla en L-1 del Metro*. Obtenido de  
<https://archivo.eluniversal.com.mx/notas/852738.html>

Zamora, I. (12 de Agosto de 2019). *Si algo me pasa en el Metro. ¿Tengo seguro?* Obtenido de El Sol de  
México: [https://www.elsoldemexico.com.mx/metropoli/cdmx/seguro-metro-cdmx-accidentes-  
pasajeros-cobertura-transporte-publico-aseguramiento-4027277.html](https://www.elsoldemexico.com.mx/metropoli/cdmx/seguro-metro-cdmx-accidentes-pasajeros-cobertura-transporte-publico-aseguramiento-4027277.html)