

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA**

**TEMA:**

Diseño y presupuesto para la implementación de un sistema de protección contra incendios en la Subestación de 69KV de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

**AUTOR:**

Manssur Congrains, Daren Fernando

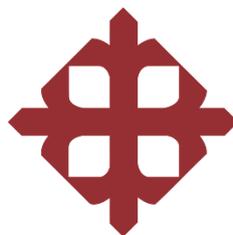
Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA**

**TUTOR:**

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael

**Guayaquil, Ecuador**

**09 de marzo de 2018**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

### CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **MANSSUR CONGRAINS, DAREN FERNANDO**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico-Mecánica**.

TUTOR

f. \_\_\_\_\_

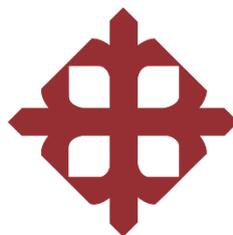
ING. HIDALGO AGUILAR, JAIME RAFAEL

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

**Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2018**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Manssur Congrains, Daren Fernando**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **“Diseño y presupuesto para la implementación de un sistema de protección contra incendios en la Subestación de 69KV de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil”**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico-Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

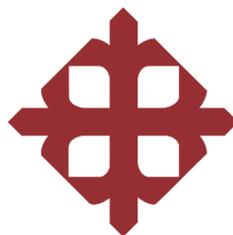
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2018**

**EL AUTOR**

---

**Manssur Congrains, Daren Fernando**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

## AUTORIZACIÓN

Yo, **Manssur Congrains, Daren Fernando**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Diseño y presupuesto para la implementación de un sistema de protección contra incendios en la Subestación de 69KV de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 9 días del mes de marzo del año 2018**

**EL AUTOR**

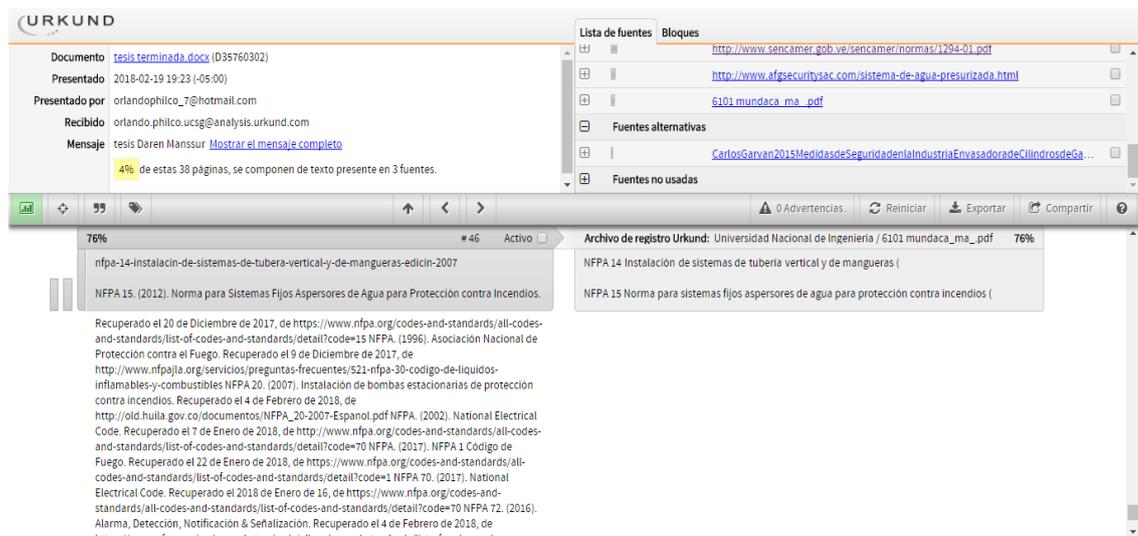
---

**Manssur Congrains, Daren Fernando**

## REPORTE URKUND

**Título:** Diseño y presupuesto para la implementación de un sistema de protección contra incendio para la subestación de 69KV de la UCSG.

**Autor:** Daren Fernando Manssur Congrains



The screenshot displays the URKUND software interface. On the left, a document titled 'tesis\_terminada.docx (D35760302)' is shown, presented by 'orlandophilco\_7@hotmail.com' and received by 'orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com'. The message content indicates that 4% of the document's 38 pages consist of text from 3 sources. The main window shows a list of sources with a 76% match rate. The sources listed include: 'http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1394-01.pdf', 'http://www.afgsecuritysac.com/sistema-de-agua-presurizada.html', '6101\_mundaca\_ma\_pdf', 'Fuentes alternativas' (Carlos Garvan 2015 Medidas de Seguridad en la Industria Envasadora de Cilindros de Ga...), and 'Fuentes no usadas'. The bottom pane shows a detailed view of 'NFPA 15. (2012). Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección contra Incendios', with a 76% match rate. The text in this pane is a list of references related to NFPA standards for fire protection systems.

El trabajo de titulación del Sr. **Manssur Congrains, Daren Fernando**, presenta un porcentaje del 4% de coincidencias con otros documentos encontrados en internet.

---

**MSc. Orlando Philco A.**

Revisor

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por la salud y por todo lo que me ha dado para salir adelante en mi vida.

A mis amados padres Bolívar y Lola por dar siempre lo mejor de ellos en toda mi vida, por creer en mí, sentirse orgullosos y no permitir ninguna caída mía, agradezco de que sean mi mayor motivación para salir adelante cada día.

A mis compañeros que son como mis hermanos, agradezco infinitamente a Mateo y a Marcelo que fueron compañeros míos desde el colegio y se convirtieron en un pilar fundamental en mi vida estudiantil desde que ingresé a la universidad, me ayudaron a afrontar todos los desafíos con seguridad, es un apoyo que en casa no se lo encuentra, en las buenas y malas me ayudaron de todas las maneras para llegar donde estoy.

A mi tutor y director de carrera por su paciencia y enseñanzas a lo largo de mi trabajo de titulación, a mis docentes por sus conocimientos compartidos y por la motivación de seguir adelante con mi carrera universitaria.

**EL AUTOR**

**MANSSUR CONGRAINS, DAREN FERNANDO**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación está dedicado a mi padre Bolívar Manssur y mi madre Dolores Congrains, por ser la razón más grande que tengo para salir adelante en mi vida, por su sacrificio a lo largo de mi carrera universitaria, a mis amigos y docentes por su apoyo para culminar el trabajo de titulación.

EL AUTOR

MANSSUR CONGRAINS, DAREN FERNANDO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS  
DECANO**

f. \_\_\_\_\_

**PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO  
COORDINADOR DE TITULACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**MONTENEGRO TEJADA, RAÚL  
OPONENTE**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
RESUMEN .....	XVIII
ABSTRACT .....	XVIII
INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES O METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN ....	3
1.1 Justificación .....	3
1.2 Planteamiento de Problema .....	3
1.3 Objetivo general: .....	3
1.3.1 Objetivos específicos: .....	3
1.4 Tipo de Investigación: .....	4
1.5 Hipótesis: .....	4
1.6 Metodología: .....	4
PARTE I MARCO TEÓRICO .....	5
CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA SUBESTACIONES DE 69KV .....	5
2.1 Principales peligros de incendios en subestaciones .....	5
2.1.1 Incendios en transformadores .....	5
2.1.1.1 Separación de transformadores grandes con los edificios .....	7

2.1.1.2 Separación de transformadores pequeños con los edificios .....	8
2.1.1.3 Separación entre Transformadores Grandes .....	9
2.1.1.4 Altura de las paredes anti-incendio .....	9
2.1.2 Incendios en el cuarto de control .....	11
2.1.2.1 Tableros eléctricos: .....	11
2.1.2.2 Tableros electrónicos: .....	11
2.1.3 Incendios en el cuarto de baterías .....	12
2.1.4 Incendios en cables agrupados en Trincheras.....	13
2.1.5 Incendio Externo .....	14
2.2 Sistema de proteccion contra explosión en transformadores de potencia ..	14
2.3 Sistema de Prevención Contra Explosión e Incendio (SPEI) .....	16
2.3.1 Operación para un Sistema de Prevención contra Explosiones e Incendios (SPEI).....	18
2.4 Sistemas contra incendios .....	19
2.4.1 Sistemas de detección contra incendios.....	19
2.4.1.1 Detector de Incendios: .....	20
2.4.2 Estación manual: .....	26
2.4.2.1 Alarma:.....	27
2.4.2.2 Tableros central de control.....	29
2.4.3 Sistema de extinción de incendios .....	30
2.4.3.1 Métodos de extinción de incendios .....	30
2.4.3.2 Agentes Extintores:.....	31
2.4.4 Aspectos ambientales: .....	34
2.4.4.1 Vías fluviales.....	34
2.4.5 Aspectos Fisiológicos.....	35
2.4.6 Extintor: .....	35
2.4.6.1 Extintores portátiles o manuales.....	36
2.4.6.2 Extintores sobre ruedas .....	36
2.4.7 Hidratante:.....	38
2.4.8 Rociadores:.....	38
2.4.8.1 Tipos de sistemas de rociadores:.....	40

2.4.9 Sistema de protección pasiva contra incendios.....	44
2.4.9.1 Contención de Aceite .....	44
2.4.10 Otros métodos para tomar en cuenta para la prevención de incendios en las subestaciones.....	46
2.4.10.1 Aliviadores de presión .....	46
2.4.10.2 Ventilación para explosiones .....	46
2.4.10.3 Soportes.....	47
2.4.10.4 Pararrayos de la oleada.....	47
2.4.10.5 Relámpagos directo-colapso .....	48
2.4.10.6 Poner a tierra .....	48
2.4.10.7 Cable.....	48
2.4.11 Sistema de bombas.....	48
2.4.11.1 Electrobomba y motobomba contra incendios.....	48
2.4.12 Técnicas actuales para sistemas de protección contra incendios.....	49
PARTE II APORTACIONES.....	51
CAPÍTULO 3.....	51
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	51
3.1.1 INTRODUCCIÓN.....	51
3.1.2 Ubicación del proyecto .....	51
3.1.3 Descripción del sistema .....	52
3.1.4 Tabla de resumen.....	52
3.2 CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO	53
3.2.1 Transformador .....	54
3.2.1.1 Derrame de aceite .....	54
3.2.2 Cuarto de control .....	56
3.2.3 Cuarto de baterías.....	56
3.2.4 Sistema de detección y alarma .....	56
3.2.5 Cables	57
3.2.5.1 Instalación de corta fuegos .....	58

3.2.6 Plan de emergencia .....	58
3.2.7 Salidas de emergencias.....	59
3.2.8 Extintores .....	60
3.2.9 Teléfonos .....	60
3.2.10 Señalización.....	60
3.3 CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS .....	61
3.3.1 Cálculos hidráulicos para Equipos de Extinción en el Transformador.....	61
3.3.1.1 Rociadores .....	61
3.3.1.2 Tuberías.....	68
3.3.1.3 Bombas para el sistema contra incendios.....	73
3.3.1.4 Componentes de un Sistema contra incendios.....	78
3.3.1.5 Separación eléctrica .....	81
3.3.2 Cálculos para el Sistema de extinción en el cuarto de control.....	81
3.3.2.1 Especificaciones técnicas generales.....	81
3.3.2.2 Sistema de detección.....	82
3.3.2.3 Sistema de alarmas .....	84
3.3.2.4 Sistema de extinción .....	84
3.3.2.5 Requerimientos de corriente .....	87
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	88
4.1 Conclusiones .....	88
4.2 Recomendaciones .....	89
ANEXOS .....	90
GLOSARIO .....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Valores Típicos de aceite en transformadores .....	7
Tabla 2.2 Separación mínima entre los transformadores pequeños de los edificios.....	8
Tabla 2.3 Selección del tipo de detector de incendio.....	20
Tabla 2.5 Factores Ambientales que intervienen en ciertos agentes de extinción.....	34
Tabla 2.6 Factores fisiológicos que influyen en ciertos agentes de extinción. ..	35
Tabla 2.7 Clasificación de los extintores según la clase de fuego. ....	37
Tabla 3.1 Resumen del capítulo .....	52
Tabla 3.2 Flujos requeridos según las pulgadas de la tubería .....	64
Tabla 3.3 Multiplicador dependiendo del Valor C.....	66
Tabla 3.4 Diámetros internos de tuberías de cédula 40.....	68
Tabla 3.5 Especificaciones para tuberías de acuerdo a su diámetro.....	68
Tabla 3.6 Especificaciones de uniones para tuberías de acuerdo a su diámetro .....	69
Tabla 3.7 Carta de equivalencias de longitudes de tubería .....	70
Tabla 3.8 Especificaciones técnicas para los accesorios de tuberías de 1” a 1/2” .....	70
Tabla 3.9 Especificaciones técnicas para accesorios de tubería mayores de 2” .....	71
Tabla 3.10 Especificaciones técnicas de salidas de ramal por su diámetro.....	71

Tabla 3.11 Especificaciones para válvulas de 1" a 2 1/2" y mayores a 2 1/2" .	72
Tabla 3.12 Especificaciones técnicas para válvulas de contraflujo o "Check"..	73
Tabla 3.13 Lista de accesorios necesarios según las Normas de NFPA 20 .....	77
Tabla 3.14 Espacios libres de equipos de agua hasta componentes eléctricos	81
Tabla 3.15 Factor de inundación de acuerdo al riesgo específico. ....	85
Tabla 3.16 Datos del cuarto de control .....	86
Tabla 3.17 Requerimiento de corriente para la SLC .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Separación entre transformador y edificio (vista aérea).....	8
Figura 2.2 Separación entre transformador y edificio (vista lateral).....	9
Figura 2.3 Dimensiones de las paredes anti-incendio según IEEE 979.....	10
Figura 2.4 Longitud de la barrera anti-incendio.....	10
Figura 2.5 Tamaño de la barrera anti-incendio (vista aérea). ....	10
Figura 2.6 Instalación de un sistema contra incendio en el cuarto de baterías.	13
Figura 2.7 Incendio en un transformador de potencia por una explosión .....	15
Figura 2.8 Consecuencias tras una falla interna en un Transformador.....	17
Figura 2.9 Diagrama lógico de Transformer Protector activación del SPEI .....	18
Figura 2.10 Diagramas lógicos de activación del SPEI primario y respaldo .....	19
Figura 2.13 Instalación del detector fotoeléctrico de humo. ....	23
Figura 2.14 Detector de llama tradicional.....	24
Figura 2.15 Detectores lineales de humo tradicionales. ....	25
Figura 2.16 Cómo trabajan los detectores lineales de Humo OSID.....	25
Figura 2.17 Detección combinada de temperatura .....	26
Figura 2.18 Estación manual simple de un SCI .....	26
Figura 2.19 Estación manual dual de un SCI.....	27
Figura 2.20 Instalación de dispositivos audibles. ....	28
Figura 2.21 Instalación de una alarma visual con sus medidas mínimas. ....	29

Figura 2.22 Diagrama de la fuente de alimentación.....	29
Figura 2.23 Instalación de un Tablero de control.....	30
Figura 2.24 Extintor portátil con señáleticas. ....	36
Figura 2.25 Distintos tipos de rociadores.....	38
Figura 2.26 Diagrama típico de un sistema de rociadores.....	40
Figura 2.27 Sistema de rociadores para tuberías húmedas.....	41
Figura 2.28 Sistema de rociadores para tuberías secas.....	41
Figura 2.29 Sistema de rociadores de diluvio.....	42
Figura 2.30 Sistema de rociadores de pre-acción.....	42
Figura 2.31 Foso de lecho de grava para la retención de aceite.....	46
Figura 2.32 Bomba estacionaria bomba jockey.....	49
Figura 3.1 Ubicación de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.....	51
Figura 3.2 Datos técnicos de Thermalastic 83 C.....	57
Figura 3.3 Colocación de cortafuegos en bandeja de cables.....	58
Figura 3.4 Señalización de Seguridad, contra incendios y de información.....	60
Figura 3.5 Vista seccional de un sistema de extinción por aspersion al transformador.....	61
Figura 3.6 Medición de paneles del transformador de 7.5mva.....	62
Figura 3.7 Boquilla de aspersion de cono lleno y tobera abierta.....	64
Figura 3.8 Rociadores en un sistema automático contra incendios.....	67

Figura 3.9 Válvula mariposa de un SCI .....	72
Figura 3.10 Válvula Check de un Sistema contra incendios .....	73
Figura 3.11 Motor a eléctrico para un SCI .....	77
Figura 3.12 Válvula Solenoide .....	79
Figura 3.13 Válvula de drenaje y prueba .....	79
Figura 3.14 Gabinete contra incendios .....	80
Figura 3.15 Ejemplo de un montaje correcto para los detectores .....	83
Figura 3.16 Detectores fotoeléctrico de humo .....	83
Figura 3.17 Cuarto de control con los detectores de humo.....	84

## RESUMEN

Este trabajo de titulación se basa en un diseño de un sistema de protección contra incendios para la subestación de 69KV de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Se han tomado principios fundamentales para el desarrollo del diseño, recopilando conceptos de hidráulica y eléctrico-mecánica donde se puso en práctica no solo la teoría basada en libros de hidráulica sino también de las normativas internacionales como la IEEE 979 y sobre todo de las normativas NFPA (National Fire Protection Association) a las cuales nos regimos para poder elaborar el trabajo de titulación. Consta de dos partes, la parte teórica, la parte de los cálculos hidráulicos, diseño del sistema con presupuesto del mismo. En la primera parte se analizan todos los componentes que intervienen en un sistema contra incendios en subestaciones de 69KV, métodos y equipos que posteriormente se realizarán los cálculos para la selección y contar con una extinción de fuego garantizada. En la parte de aportaciones, el SCI se divide en dos partes, el patio de maniobras donde se encuentra el transformador de poder, donde el método de extinción a utilizar es de Diluvio (agua pulverizada) por medio de 16 rociadores, el sistema de detección que se diseño es por medio de un cable térmico y siguiendo normas por el benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil. La segunda parte es para el interior del cuarto de control, diseñado con detectores de humo y sus respectivos rociadores calculados por las normas de NFPA y de CO<sub>2</sub> como agente de extinción.

**Palabras claves:** Sistema contra incendios, Subestación eléctrica, NFPA, extinción, transformador, cuarto de control.

## ABSTRACT

This titling work is based on a design of a fire protection system for the 69KV substation of the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Fundamental principles for design development have been taken, collecting hydraulics and electrical-mechanical concepts where not only theory based on hydraulics books but also international standards such as IEEE 979 and especially the NFPA regulations were put into practice (National Fire Protection Association) to which we are governed in order to prepare the titling work. It consists of two parts, the theoretical part, the part of the hydraulic calculations, system design with budget. In the first part, all the components that intervene in a fire system in substations of 69KV, methods and equipment are analyzed, which will later be calculated for the selection and have a guaranteed fire extinction. In the part of contributions, the SCI is divided into two parts, the yard of maneuvers where the power transformer is located, where the extinction method to be used is Deluge (water spray) by means of 16 sprinklers, the detection system which is designed by means of a thermal cable and following rules by the meritorious Fire Department of Guayaquil. The second part is for the interior of the control room, designed with smoke detectors and their respective sprinklers calculated by NFPA and CO2 standards as an extinguishing agent.

**Keywords:** Fire system, electrical substation, NFPA, extinction, transformer, control room.

## INTRODUCCIÓN

La prioridad del trabajo de titulación es proteger la integridad física de los trabajadores y a sus alrededores como también proteger a los equipos de la subestación de 69KV de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en caso de un conato de incendio. Se elaborará este diseño de acuerdo a las normas técnicas para garantizar la protección de la subestación.

Todo diseño de un sistema contra incendios conlleva un estudio técnico y económico donde en la Subestación de la UCSG lo realizaremos para saber dónde y cómo va a proteger a los equipos en un caso de incendio, en casos extremos con qué se protegería analizando el costo-beneficio, mantenimiento para una protección eficiente y así mejorar la vida útil de los equipos, todo con su respectivo presupuesto.

En el progreso de este proyecto se demostrará los distintos equipos de protección contra incendio, así mismo con el plan de evacuación del personal en caso de explosión u otros casos extremos con el objetivo de tener una protección y evacuación más eficiente.

## **CAPÍTULO 1: GENERALIDADES O METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Justificación**

En las subestaciones los incendios son un gran peligro y para ello hay que saber identificar todas las condiciones en las que puede ocurrir un conato de incendio. El plan básico o finalidad de este sistema contra incendios es salvaguardar la vida de las personas como también los equipos que intervienen en esta subestación extinguiendo el fuego ocasionado por cualquier motivo, beneficiando así a la UCSG al cumplir con las normativas de la Empresa Eléctrica, teniendo una subestación más confiable y segura.

### **1.2 Planteamiento de Problema**

En una subestación existe el riesgo de que ocurriese una falla, en el peor de los casos se produce un incendio lo cual ocasionaría la suspensión del servicio y riesgo para los trabajadores, en los transformadores hay dispositivos que censan la presión, temperatura, etc. que nos pueden ayudar hasta predecir el incendio y ese caso apagarlo de forma inmediata con nuestro sistema de tuberías y riego. Por lo anterior mencionado la UCSG necesitará de un sistema de protección contra incendios con la finalidad de tener una Subestación protegida contra cualquier tipo de falla que ocasione un conato de incendio o explosión y reducir los daños a los equipos de la S/E.

### **1.3 Objetivo general:**

Realizar el estudio técnico-económico de un sistema contra incendio para la subestación eléctrica de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

#### **1.3.1 Objetivos específicos:**

- Analizar todos los elementos que intervendrán en la subestación eléctrica de la UCSG y los que tienen riesgo a provocar un incendio.

- Plantear todos los métodos de protección contra incendios desde los más leves hasta los más extremos.
- Realizar el diseño del sistema contra incendios de la subestación de 69KV de la UCSG.
- Realizar un estudio del presupuesto para la realización del sistema contra incendios en la subestación eléctrica de la UCSG.

#### **1.4 Tipo de Investigación:**

Para este trabajo de titulación se ha realizado una investigación documentada ya que me he basado en investigaciones bibliográficas. Adicionalmente se ha realizado de tipo aplicada ya que con la información rescatada se realizó una evaluación de su presupuesto aplicado en la UCSG. Y también de Campo por el sitio donde se va a implementar el Sistema de Protección.

#### **1.5 Hipótesis:**

Con la ayuda de un sistema de protección contra incendios la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil tendrá una subestación segura de cualquier tipo de conatos de incendios, los trabajadores estarán más seguros, así mismo todos los equipos de la subestación y el sitio donde será implementada. Con esta protección el incendio se lo podrá controlar para que todo el personal pueda evacuar la zona sin ningún riesgo y evitar la destrucción de los equipos.

#### **1.6 Metodología:**

La metodología de este trabajo de titulación será bibliográfica, ya que hay documentos con las normativas las cuales hay que seguir e información sobre el sistema de protección contra incendios. Otro tipo de metodología a usarse es descriptivo ya que se analizó los distintos tipos de materiales y equipos que intervienen en la subestación eléctrica. Se usó la metodología analítica ya que en este diseño se analizó todas las exigencias técnicas que se necesita para una protección eficiente.

## **PARTE I MARCO TEÓRICO**

### **CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA SUBESTACIONES DE 69KV**

#### **2.1 Principales peligros de incendios en subestaciones**

En las subestaciones hay distintas maneras de que se ocasione un incendio, están identificadas como:

- Incendios en los transformadores
- Incendios en el cuarto de control
- Incendios en cuarto de baterías
- Incendios en cables agrupados en trincheras
- Incendios externos

##### **2.1.1 Incendios en transformadores**

En una subestación los transformadores son aquellos que contienen gran cantidad de combustible, es por eso que se debe tener más precaución de acuerdo a su ubicación y protección contra incendios. El principal agente es el aceite dieléctrico que contiene que es de tipo mineral con un punto de incendio de 150°C y un punto de auto ignición del orden de los 332°C.

Las fallas que ocasionan incendios son en el aislamiento. Estas resultan por sobretensiones, sobrecargas o maniobras de conexión o desconexión, bajo nivel del aceite, deterioro gradual de su aislamiento, humedad o acidez en el aceite, falla en un bushing. El arco que sigue a la falla eléctrica puede hacer que el aceite se vaporice, generando una presión capaz de expeler el aceite por el tanque o que el transformador se rompa. El aceite encendido que se ha derramado puede prolongarse de 15 a 30 metros de distancia del transformador, haciendo daño a los equipos de medición y control, instalaciones o líneas de alto voltaje expuestas. (Avila & Contreras, 2006)

La magnitud del área de incendio, se puede apreciar sobre la base del volumen de aceite. Cuando no hay limitación un reguero de aceite encima de un piso de concreto pintado con epoxi, por cada m<sup>3</sup> de aceite regado se llena un área aproximada de 40 m<sup>2</sup> con una profundidad de 25 mm aproximadamente. (Avila & Contreras, 2006)

Como se conoce los transformadores poseen una gran cantidad de aceite aislante, por lo que debemos conocer sus características:

De acuerdo a la (NFPA, 1996) el punto de inflamación es la mínima temperatura a la cual un líquido esparcirá una cantidad de vapor capaz de formar una combinación de vapor inflamable y aire que pueda incendiarse. Si un líquido tiene un punto de inflamación por arriba de los 200°F o 93°C son clasificados como combustible líquido de Clase IIIB. Si el aceite aislante con punto de inflamación de 295°F o 146°C, lo clasifica como un tipo de combustible líquidos. Por lo tanto, el aceite puede ser trabajado y guardado de una forma segura, tomando en cuenta el máximo punto de inflamación. Pero cuando se lo instala en equipos eléctricos, el aceite tiene todas las características de considerarlo peligroso.

Todo esto ocurre cuando el aceite está expuesto a grandes temperaturas en caso de alguna falla o incendio. El aceite puede emitir gases peligrosos cuando se lo expone a una gran cantidad de calor como un arco eléctrico, los gases pueden ser como metanol, etano, hidrógeno y acetileno, hacen que el riesgo sea mayor. De acuerdo a esto, los diseñadores e ingenieros deben tomar en cuenta esto al instalar transformadores o piezas de equipos que trabajen con aceite en las subestaciones eléctricas.

Se ha demostrado que cuando los transformadores sufren grandes incendios, las temperaturas arriba del transformador pueden llegar a los 1800 a 2000 °F (982 - 1093°C). Con una velocidad de viento de 24 a 40 km/h, la

temperatura puede ser de 1500°F (816°C). Estas pruebas reales fueron realizadas por (Hydro, 1967).

En la tabla 2.1 se muestra los valores típicos de aceite en transformadores trifásicos .

Tabla 2.1 Valores Típicos de aceite en transformadores

Transformadores Trifásicos	
Galones de Aceite según valores típicos MVA	
12000 y más	100 MVA y más
10000 y 11999	50 a 99 MVA
8000 y 9999	30 a 49 MVA
2000 y 7999	5 a 29 MVA
1999 y menos	5 MVA

Fuente: (IEEE 979, 2011)

Con el objetivo de disminuir e impedir que el incendio del transformador no se propague a otros equipos se han creado las siguientes medidas:

#### **2.1.1.1 Separación de transformadores grandes con los edificios**

Si un transformador tiene 2000 galones de aceite aislante o más la norma es que estén a 6.1 metros de separación de cualquier edificio. Si esta norma no se cumple y los transformadores no están entre 6.1 y 15.2 metros de separación de un edificio, este edificio debe tener las paredes expuestas protegidas por una barrera anti-incendio. La barrera o pared anti-incendio deber cubrir de forma vertical y horizontal de forma que todo punto del transformador esté protegido por la pared.

Si lo amerita sujetarse a los mínimos establecidos anteriormente, esto se lo debe considerar en el diseño para la instalación de un sistema contra incendio en los transformadores. Algunas jurisdicciones son necesario que esté la barrera y el sistema contra incendios. (IEEE 979, 2012)

### 2.1.1.2 Separación de transformadores pequeños con los edificios

La separación mínima de estos transformadores que contienen aceite aislante inferior a 200 galones, con los edificios estará detallada en la tabla 2.2.

A continuación, en la tabla 2.2 mostramos las distancias mínimas recomendadas entre los transformadores pequeños de los edificios.

Tabla 2.2 Separación mínima entre los transformadores pequeños de los edificios.

<b>Escala del Transformador</b>	<b>Distancia Mínima del Edificio Recomendada</b>
<b>75 KVA o menos</b>	<b>3 mts</b>
<b>76 a 333 KVA</b>	<b>6.1 mts</b>
<b>Más de 333 KVA</b>	<b>9.1 mts</b>

Fuente: (IEEE 979, 2011)

Si la separación del transformador es menor a la distancia recomendada, entonces se tendrá que construir una barrera anti-incendio como se muestra en la figura 2.1 a continuación:

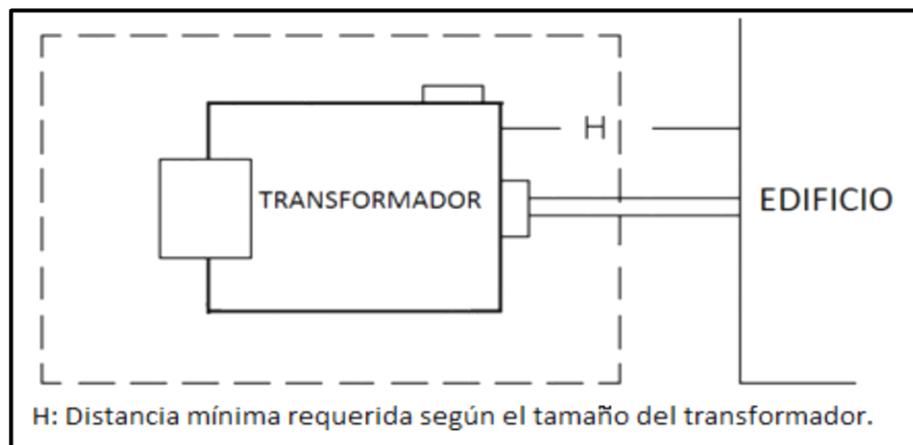


Figura 2.1 Separación entre transformador y edificio (vista aérea).  
Elaborado por: Autor.

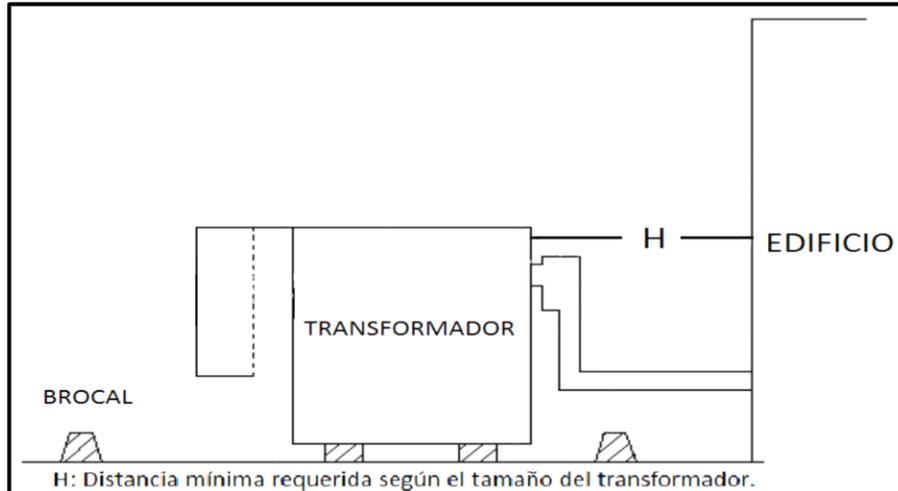


Figura 2.2 Separación entre transformador y edificio (vista lateral).  
Elaborado por: Autor.

### 2.1.1.3 Separación entre Transformadores Grandes

La separación mínima que debe tener un Transformador Grande con otro es mínimo de 9.14 metros de espacio libre y/o por lo menos una barrera contra incendio 1 h. (IEEE 979, 2012)

### 2.1.1.4 Altura de las paredes anti-incendio

La longitud de las paredes anti-incendios deben ser mínimo 30 centímetros más alto que la pieza más grande; bornes y tanque del transformador y su conservador, tranque de aceite del interruptor, válvulas de alivio, etc. De manera horizontal deben extenderse 61 cm de los dos lados, más allá de la línea en que se pueda ver todas las partes del transformador contiguo. (IEEE 979, 2012)

A continuación, se mostrará las distancias de deben tener las paredes anti-incendio:

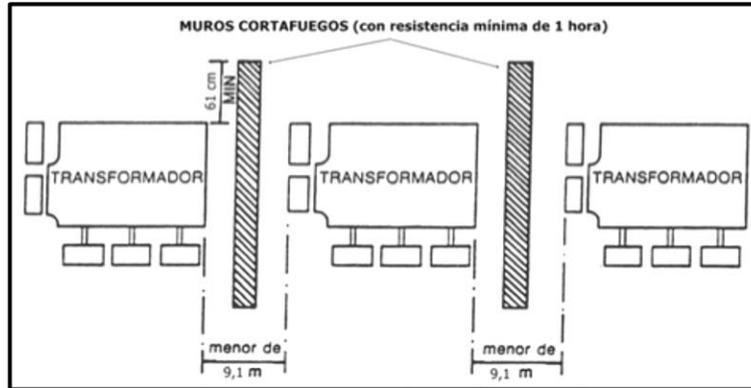


Figura 2.3 Dimensiones de las paredes anti-incendio según IEEE 979.  
Fuente: (IMSE, 2016)

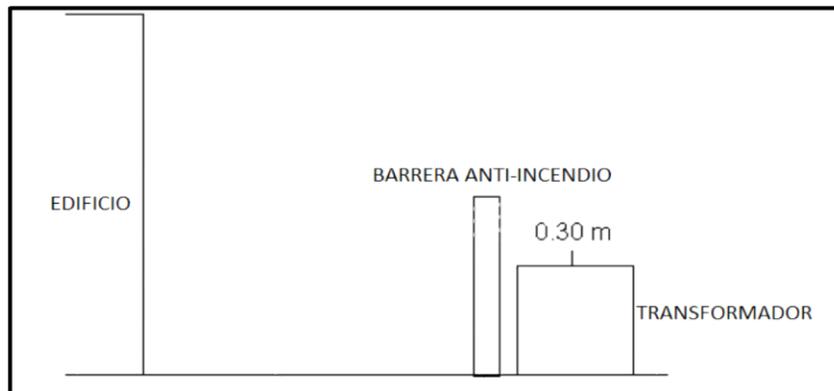


Figura 2.4 Longitud de la barrera anti-incendio.  
Elaborado por: Autor.

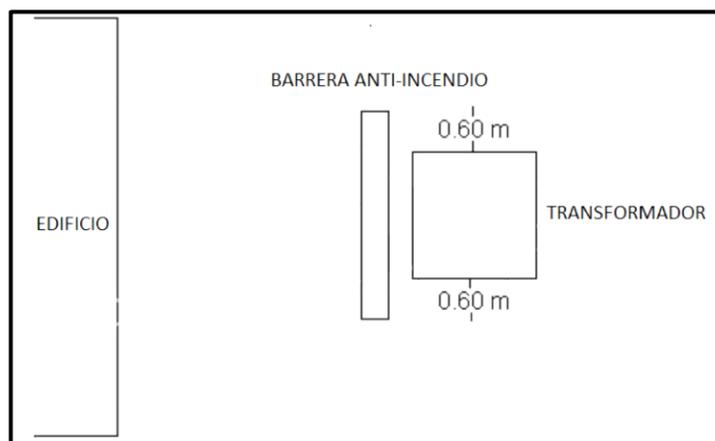


Figura 2.5 Tamaño de la barrera anti-incendio (vista aérea).  
Elaborado por: Autor.

## **2.1.2 Incendios en el cuarto de control**

En el cuarto de control encontramos consolas y tableros para el control de la subestación, mandos y unidades de generación, estos tableros son:

### **2.1.2.1 Tableros eléctricos:**

Es un grupo de una o más celdas con el equipo que se necesita para llevar un control y/o distribución de la energía eléctrica en la subestación.

### **2.1.2.2 Tableros electrónicos:**

Este tablero se encarga de controlar las unidades de generación y también los sistemas de operación de equipos auxiliares de plantas eléctricas, formados por circuitos eléctricos, regletas, módulos de tarjeta de control, relés, fusileras, condensadores, transformadores de impedancia, resistencias entre otros elementos. (Avila & Contreras, 2006)

Casi todos los incendios que ocurren dentro de los equipos eléctricos o instalaciones de cables se caracterizan de esta manera:

- El incendio empieza regularmente por cortos, recalentamiento o cuando se produce un arco dentro del cable o equipo.
- Su tasa de generación de calor es pequeña (normalmente es menor de 5,000 a 10,000 voltios), generando corrientes muy bajas, a menudo por mucho tiempo.
- Producen una gran diversidad de productos inflamables, usualmente son tóxicos y corrosivos, los cuales causan daños a las personas y también a los equipos.
- Cuando se producen incendios de este tipo la tasa de generación de energías es mínima (menos de 5,000 voltios) entonces los gases generados por el incendio no contarán con suficiente energía y pueden verse desviados por corrientes de aire o encontrarse estratificados limitando el paso a los detectores en las fases recientes de los mismos. (Avila & Contreras, 2006)

Con el fin de impedir este tipo de producirse un incendio, la construcción de los cuartos de control deben ser de un material que resista al fuego, al igual que las paredes, techos, suelos, hasta las puertas deben ser de un material resistente al fuego con respecto a la gravedad del incendio, así mismo si se realizan huecos en el piso o techo deberán estar sellados para garantizar una buena resistencia al fuego de dicha pared anti-incendio, con el objetivo de que si se produce un incendio en el exterior y en las trincheras porta cables, no se extienda y no ingrese al interior del cuarto de control. (Avila & Contreras, 2006)

### **2.1.3 Incendios en el cuarto de baterías**

Una de las amenazas que tienen el cuarto de baterías son el gas hidrogeno que se producen en áreas confinadas, se dan en una concentración determinada y es un riesgo de explosión. Entonces si un sistema exhausto opera constantemente deberá ser instalado si las baterías encontradas en un cuarto medido para contener solo las baterías o instaladas en un área confinada donde la retención de gas hidrógeno y su acumulación puedan tener concentraciones explosivas de potencial. (Avila & Contreras, 2006)

Por otro lado, una norma que debe tener este cuarto de baterías es el letrero pegado en la puerta de ingreso que diga "No fumar" o "no encender una llama" para evitar cualquier riesgo de incendio.

Los interruptores de encendido y apagado pueden ubicarse afuera del cuarto. Todos los códigos deberán tener un seguimiento con respecto al tipo de accesorios de encendido, cables y la instalación donde el personal pueda lavarse los ojos. Se deberá tener precaución para garantizar que los gases del ácido no estarán en una acumulación tanto para causar daño en caso de contacto cercano. (Avila & Contreras, 2006)

A continuación, en la Figura 2.6 se muestra un sistema de detección y mitigación de incendios en el cuarto de baterías.



Figura 2.6 Instalación de un sistema contra incendio en el cuarto de baterías.

Fuente: López Ingeniería, 2017

#### **2.1.4 Incendios en cables agrupados en Trincheras**

La principal causa de que ocurran incendios en el área de trincheras aparte de una falla en el cable, es que dichos cables están expuestos a combustibles como pintura, madera, aceite, etc. Hay muchos riesgos de que ocurran incendios en esta área, cuando ocurre una falla en el aislante del conductor, se genera un arco y un sobrecalentamiento, por el considerable aumento de corriente lo cual hará que el aislante se funda. Cuando ocurre un incendio es difícil percibirlo y por lo general es inaccesible ni con los equipos de extinción. Dando como consecuencia la destrucción de los cables y la suspensión del servicio eléctrico.

Las fallas más frecuentes son:

- Falla del aislamiento: Pueden ocurrir de distintas causas, las más comunes son: condiciones ambientales severas, averías mecánicas, sobrevoltaje, aumento de temperatura, descarga luminosa, ozono, daño por roedores. Los cables que están empacados en aceite tienen el riesgo de deteriorarse, como consecuencia habrá fallas a tierra o cortocircuitos, y generaría un incendio letal.

- Fallas durante la instalación: Cuando el aislamiento se desgasta debido a que a veces el cable se dobla demasiado y si no se lo detecta al instante, puede ocurrir una falla con el tiempo. Empalmes o terminaciones defectuosas pueden fallar, uniones atornilladas que se aflojan y sobrecalientan.
- Cuando no hay un buen mantenimiento o no se hacen una limpieza adecuada, exposición a combustibles como aceite, desechos, etc. (Avila & Contreras, 2006)

### **2.1.5 Incendio Externo**

Con el fin de evitar incendios se debe tener la cerca de la subestación separada de la guardarrayas como mínimo 2 metros, tener la guardarrayas limpias y la zona interna de la subestación sin vegetación.

## **2.2 Sistema de protección contra explosión en transformadores de potencia**

Siempre ha existido los riesgos en los transformadores y uno de los más graves es por la explosión constante, y ha generado preocupación a las compañías de seguro y a los responsables de la administración de riesgos, ya que un transformador es uno de los equipos más costosos instalados en las subestaciones, industria o planta.

Es por eso que las compañías de seguros y los de la administración de seguros consideran que los transformadores de potencia son equipos de gran importancia para las subestaciones, plantas, etc., por la alta cantidad de aceite en contacto con los elementos de alta tensión. (Robles & Salas, 2011)

A continuación, se muestra en la Figura 2.7 un incendio por una explosión en un transformador:



Figura 2.7 Incendio en un transformador de potencia por una explosión  
Fuente: Diario Noticias, 2012

Es de gran importancia destacar que para que un transformador sufra una explosión, se deberán cometer algunos fenómenos; y todos relacionados con cualquier tipo de falla que puede ser interna o externa. (Robles & Salas, 2011)

A continuación, se detallarán los fenómenos que deben ocurrir en el transformador para que ocurra una explosión:

- a) Que ocurra cualquier tipo de falla que puede ser interna o externa, que a menudo se crea un arco eléctrico en el interior del transformador.
- b) Cuando las protecciones eléctricas instaladas en el transformador no detectaron la falla y no operaron para evitarla.
- c) Al momento de que las protecciones no detectaron ni operaron ante una falla, esta producirá una sobre temperatura en el transformador (aumento extremo de la temperatura).
- d) Cuando existe un aumento considerable de temperatura, se provoca una gasificación importante en el aceite que está dentro del transformador.

- e) Por lo que se generará una sobre presión en el interior del tanque del transformador produciendo posibles rupturas en el tanque. (Robles & Salas, 2011)
  
- f) Cuando ocurre una ruptura en el tanque del transformador, el aire puede filtrarse al interior. Al estar presente el aire dentro del transformador con la falla que se presente y encima la sobre temperatura, esto generaría una eventual llama y como consecuencia se produciría el incendio en el transformador, ya que para que se genere un incendio se necesita que esté presente el oxígeno para que haya la combustión. Ya que el transformador almacena una cantidad considerable de aceite, una vez que se genere la llama y los gases por la gasificación, en poco tiempo el transformador sufrirá una explosión lo que daría a la destrucción total del equipo. (Robles & Salas, 2011)

### **2.3 Sistema de Prevención Contra Explosión e Incendio (SPEI)**

La prevención contra una explosión e incendio, consiste en buscar la manera de prevenir el comienzo del incendio, se realizan procesos para evitar que éste se origine. Como sabemos el transformador es el elemento en una subestación más susceptible de provocar un incendio considerable por su gran cantidad de aceite en su interior y por el material combustible. (Robles & Salas, 2011)

Generalmente las explosiones e incendios en los transformadores son producidas por alguna falla en el aislamiento que pueden ser por sobre tensiones producidas por maniobra o rayo, sobrecargas considerables, envejecimiento gradual del aislamiento, falla en el aislamiento de una boquilla, bajo nivel del aceite, excesiva humedad, fallas en el cambiador de derivaciones, etc. (Palacios, 2017)

La energía producto de un arco eléctrico dado por una falla del aislamiento, produce un aumento excesivo de temperatura inmediato, también se produce una sobrepresión en el tanque del transformador, y si no se tiene un equipo de protección del transformador (TP) y libere la presión, el tanque se romperá, liberando el aceite y gases que en contacto con el aire se inflaman, ocasionando un peligro para la subestación y los usuarios. (Palacios, 2017)

“El objetivo del Sistema de Prevención contra Explosiones e Incendio (SPEI), es buscar dentro de un control de circuito que se genere sobrepresiones dentro del tanque del transformador, asegurar la despresurización, el cambiador de derivaciones bajo carga y las cajas de aceite de las boquillas, sin que tenga contacto directo con el aire, e inmediatamente después de despresurizar, inyectar nitrógeno con un flujo regulado por al menos 45 minutos, para impedir que los gases combustibles puedan tener contacto con el aire y que el nitrógeno que se ha inyectado al aceite enfríe y agite el aceite, a la vez que evacue los gases combustibles”. (Robles & Salas, 2011)

A continuación, en la Figura 2.8 se mostrará como pueden ser los daños en los transformadores por una falla interna.



Figura 2.8 Consecuencias tras una falla interna en un Transformador.  
Fuente: (Robles & Salas, 2011)

### 2.3.1 Operación para un Sistema de Prevención contra Explosiones e Incendios (SPEI)

Para que el SPEI entre en operación se necesita que se cumpla la lógica de funcionamiento, mostrada en la Figura 2. En la figura se muestra que no se necesita que el sistema esté alimentado por la red eléctrica o que siempre este alimentado.

A continuación, en la Figura 2.9 se muestra el diagrama lógico de un "Transformer Protector" para la activación del SPEI.

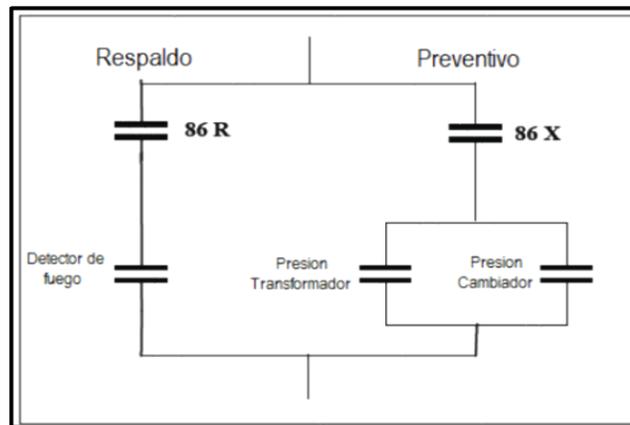


Figura 2.9 Diagrama lógico de Transformer Protector activación del SPEI  
Fuente: Manual TRANSFORMER PROTECTOR por SERGI, 2016

Dónde:

**86-R** = Relevador auxiliar de Disparo de la Protección De Respaldo.

**86-X** = Relevador auxiliar de Disparo de las Protecciones Primarias.

En las instalaciones eléctricas por norma se deben utilizar sistemas de protección primario con su respectivo respaldo.

A continuación, en la Figura 2.10 se mostrará los diagramas lógicos de activación de protección primario y su respaldo.

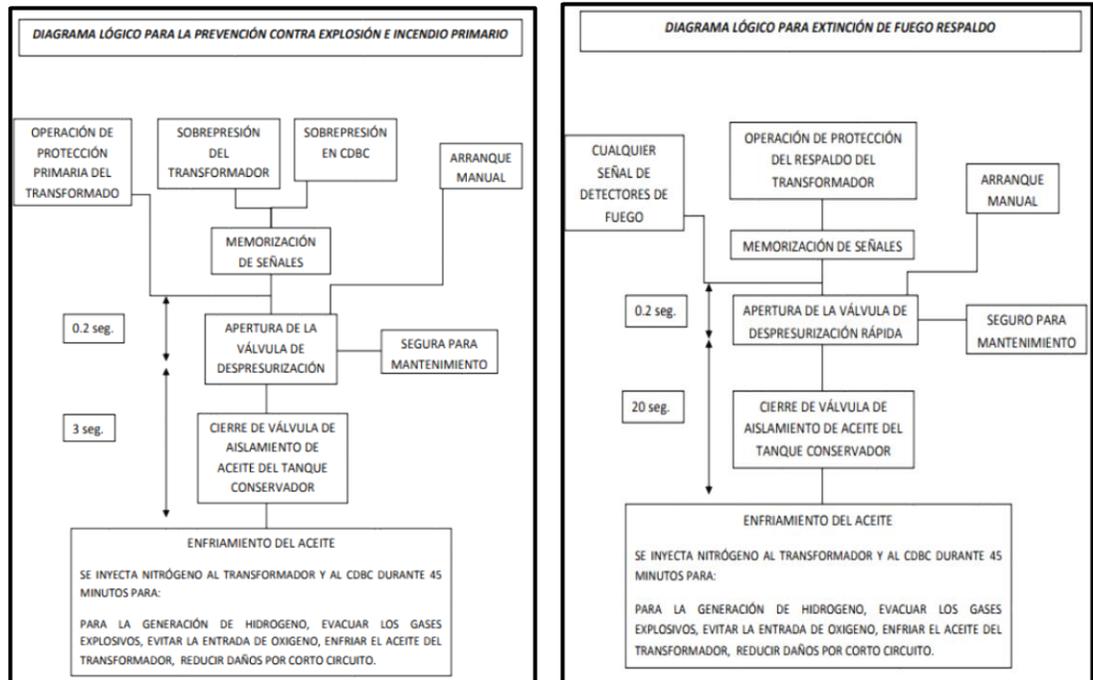


Figura 2.10 Diagramas lógicos de activación del SPEI primario y respaldo  
Fuente: (Robles & Salas, 2011)

Se puede observar en el diagrama lógico que la activación del SPEI depende de la presión del transformador o del cambiador de derivaciones. Caso contrario y no se active el SPEI y se ocasione un incendio, los detectores de fuego mandarían la señal de activación del sistema de respaldo.

## 2.4 Sistemas contra incendios

En general un sistema de protección contra incendios es aquel capaz de detectar cualquier tipo de conato de incendio, controlarlo o extinguirlo con los equipos adecuados con la finalidad de evitar que se propague y/o el daño a las personas o equipos.

### 2.4.1 Sistemas de detección contra incendios

Es un conjunto interconectado de sensores que tienen la función de detectar cualquier señal de humo o de calor y emiten una señal para activar una alarma de manera automática o manual.

El equipo de detección contra incendios es muy solicitado para las subestaciones eléctricas, principalmente se debe instalar este sistema de detección en los transformadores o en lugares donde hay gran número de cables agrupados. (IEEE 979, 2012)

#### 2.4.1.1 Detector de Incendios:

Es un dispositivo que funciona de manera automática, el cual está diseñado para trabajar por la influencia de algunos procesos químicos o físicos que conlleven cualquier combustión, llevando inmediatamente la señal al tablero central de sistema contra incendios en el cuarto de control. (COVENIN 1176, 1980)

A continuación, en la tabla 2.3 se mostrará si un detector es apto de acuerdo a la altura del recinto:

Tabla 2.3 Selección del tipo de detector de incendio

ALTURA DEL RECINTO EN METROS	DETECTOR DE HUMO	DETECTOR DE TEMPERATURA FIJA	DETECTOR DE TEMPERATURA FIJA Y POR GRADIENTE	DETECTOR DE LLAMA
Hasta 20	No apto	No apto	No apto	Apto
Hasta 12	Apto	No apto	No apto	Apto
Hasta 7.5	Apto	No apto	Apto	Apto
Hasta 6	Apto	No apto	Apto	Apto
Hasta 4.5	Apto	Apto	Apto	Apto

Fuente: InfoGremio de Seguridad, 2015

Existen varios detectores como:

- **Detectores de Calor:** Estos detectores poseen fijadores de temperatura, tarifa elevada y compensada, y combinación de reguladores de temperatura y elevadores, con elementos termo-sensibles del diseño de patrón lineal y puntual. (IEEE 979, 2012)



Figura 2.11 Detectores de calor comunes  
Fuente: SYSCOM, 2017

- **Detectores Reguladores de Temperatura:** Hay diferentes tipos, por ejemplo:
  - a) Termostato de tira bimetálica
  - b) Termostato de disco presión-acción
  - c) Cable termostático
  - d) Sensores lineales de Termistor
  - e) Metal fusible
  - f) Bulbo de Quartzoid

Los termostatos de presión-acción y los bimetálicos no pueden ser dañados ni arruinados permanentemente debido a la impulsión. Por otro lado, el bulbo de Quartzoid, el metal fusible y cualquier sección del cable termostático adversamente dañados por la temperatura se deberán reemplazar luego de la impulsión. (Avila & Contreras, 2006)

A continuación, en la Tabla 2.4 se muestra las clasificaciones de los detectores de calor de acuerdo a la temperatura de operación.

Tabla 2.4 Clasificación de los detectores de calor con respecto a la temperatura.

Tipo	Intervalo de temperatura		Temperatura máxima en el techo	
	C°	F°	C°	F°
Ordinario	57,5 – 77	135 - 170	38	100
Intermedio	79,5 – 107	175 – 225	66	150
Alto	121 – 149	250 – 300	107	225
Extra Alto	163 – 191	325 – 375	149	300
Súper Alto	204 – 246	400 - 475	191	375
Ultra Alto	260 – 302	500 - 575	246	475

Fuente: COVENIN 1382 – 79

- **Detectores tarifa-compensados, tarifa-elevados y combinación de reguladores de temperatura y elevadores:**

Los detectores tarifa-compensados, son aquellos detectores que emiten una señal de alarma cuando hay una temperatura en el medio predeterminada; pero están contruidos para suplir el retraso termal. Los detectores tarifa-elevados tienen la ventaja de programarse rápidamente para la funcionalidad, otra ventaja es que son eficaces ante una amplia gama de temperaturas ambientes, por lo general son reciclables en menor tiempo, y resisten lentos aumentos en temperaturas ambiente sin emitir una señal de alarma. Una desventaja que tienen estos detectores es que emiten falsas señales de alarmas por el cambio brusco de temperatura, este caso se puede dar cuando se cierra una puerta del exterior de un cuarto calentado. (IEEE 979, 2012)

La unión entre los elevadores y los detectores termales reguladores de temperatura funcionarán directamente a un aumento brusco de la temperatura ambiente provocado por un incendio, soportará aumentos sutiles en temperatura ambiente sin que se active la señal de alarma, y los reciclará automáticamente en una gota en temperatura ambiente. (IEEE 979, 2012)

Entre varios tipos de combinación de elevadores y detectores termales de temperatura se pueden incluir tomar en cuenta estos:

- a) Detector termoneumático (patrón de punto)
- b) Detector termoeléctrico (patrón de punto)
- c) Detector de tubo termoneumático (patrón lineal)

- **Detectores de humo:** Estos detectores se los ubica en donde el tipo de incendio anticipado producirá combustión que puede ser visible o no visible antes de que los cambios de temperatura sean altos tanto para activar los detectores de calor. (IEEE 979, 2012)

- **Detectores fotoeléctricos:** “Son del tipo de punto o de dispersión de luz. En cada cual, productos visibles de combustión parcial oscurecen o reflejan un rayo entre la fuente de luz y el receptor fotoeléctrico. La interrupción de la fuente de luz es detectada por la unidad receptora y una alarma accionada”. (IEEE 979, 2012)

A continuación, en la figura 2.12 se muestra como la presencia de humo hace reflejar la luz hasta un foto-diodo el cual generará la condición de alarma:

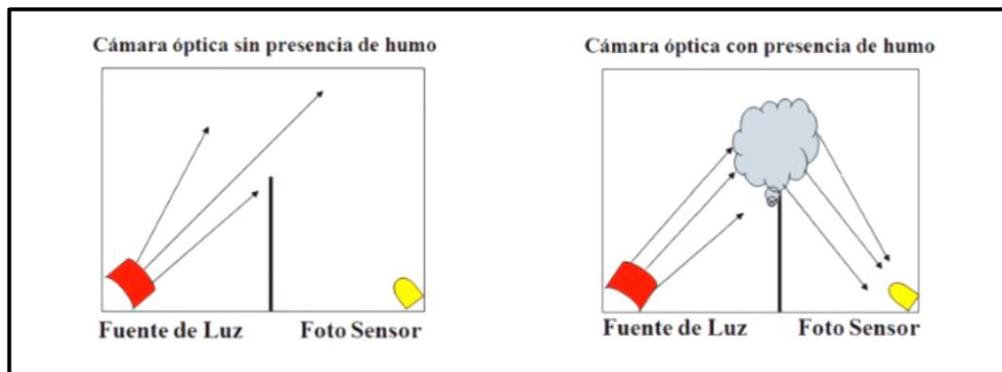


Figura 2.12 Reflexión de la luz por la presencia de humo al foto sensor  
Fuente: SYSCOM, 2013

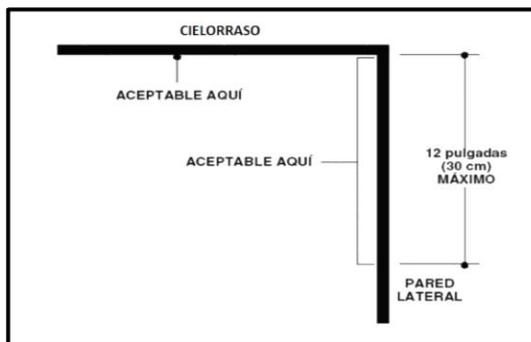


Figura 2.13 Instalación del detector fotoeléctrico de humo.  
Fuente: SYSCOM, 2013

- **Detectores de productos de combustión:** Estos detectores son de punto que emiten una señal de alarma cuando existe la presencia de un producto de combustión no visible. Los detectores de ionización tienen desventajas ya que no son muy confiables y son del tipo más común de los detectores de

alarma anticipada. La alarma se activará ante la presencia de productos de combustión visible y no visible. Los “Detectores de núcleo de condensación” operan en la nube principal, lo que lo hace capaz de detectar partículas no visibles a través de técnicas ópticas. (IEEE 979, 2012)

- **Detectores de llamas:** Según (IEEE 979, 2012) estos sensores de punto que generalmente se los emplean en instalaciones con líquidos inflamables y su uso en las subestaciones eléctricas es limitado. Estos sensores detectan si existe una luz de llamas y emite la alarma, por lo general el rango ultravioleta o infrarrojo. También están diseñados para detectar destellos que produce una llama. Estos dispositivos pueden proveerse con tiempo de retraso por si ocurren destellos de fuente de luz y así descartar falsas alarmas.



Figura 2.14 Detector de llama tradicional.  
Fuente: DirectIndustry, 2008

- **Detector de muestreo del aire:** Estos detectores de muestreo del aire constantemente capturan muestras del aire a través del muestreo de puertos para detectar partículas submicron producidas durante los niveles iniciales de un conato de incendio. los sistemas de estos detectores emplean métodos de dispersión de luz o cámaras de nubes para poder detectar las partículas antes nombradas. Los dos sistemas son capaces de una variedad de niveles de umbrales de alarmas pre-programadas. “Es factible proveer un estado, régimen de advertencia temprana que responda a los niveles en aumento que resultan concernientes”. (IEEE 979, 2012)

- **Detector lineal de humo:** operan a través de un transmisor de luz y un receptor que valora electrónicamente la luz captada. La alarma de este detector se activará si existe presencia cercana de humo y la señal captada por el receptor entra en un valor predeterminado. La variación lenta de la señal captada causada por la acumulación de polvo u otros factores ambientales son descartadas mediciones de un circuito compensatorio. Hay casos en que se puede emitir una señal falsa, como por ejemplo si el cobertor del receptor es sacado, si los límites de compensación son alcanzados o si el detector es obstruido. Estos sensores tienen la capacidad de monitorear sobre distancias prolongadas lo que los hace perfectos para áreas amplias por ejemplo en depósitos, corredores y pasillo de máquinas. (IEEE 979, 2012)



Figura 2.15 Detectores lineales de humo tradicionales.  
Fuente: SYSCOM, 2013

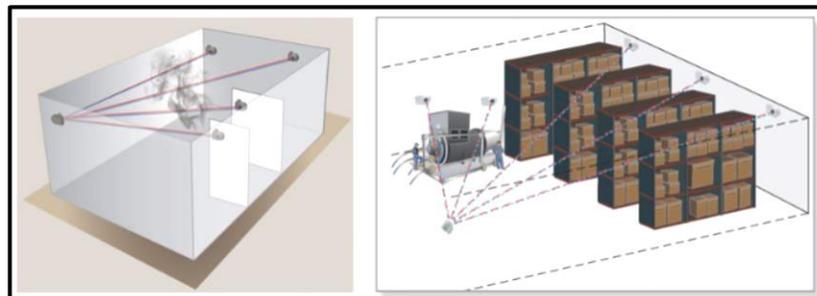


Figura 2.16 Cómo trabajan los detectores lineales de Humo OSID.  
Fuente: SYSCOM, 2013

- **Combinación de detectores:** Para la combinación de varios detectores de incendio se deben considerar ciertos parámetros con respecto al nivel de protección deseada. (IEEE 979, 2012)



Figura 2.17 Detección combinada de temperatura  
Fuente: Revista CIER, 2010

#### 2.4.2 Estación manual:

De acuerdo a la norma (COVENIN 758, 2006) una estación manual de alarma está conformada por un grupo de dispositivos eléctricos y mecánicos, dentro de una caja, para emitir la señal de alarma cuando alguna de sus partes integrantes es operada de forma manual y están conformadas por estaciones simples y compuestas:

- **Estación manual simple:** Son del tipo de estaciones que al ser activada, emite una señal al tablero central de control para activar la alarma general.



Figura 2.18 Estación manual simple de un SCI  
Fuente: Fox Master, 2015

- **Estación manual compuesta:** Esta estación al ser accionada transmite una señal de alarma previa en el tablero central de control y tiene un

dispositivo de acceso indirecto, que emite una señal al tablero central de control y así activar la alarma general. (COVENIN 758, 2006)



Figura 2.19 Estación manual dual de un SCI  
Fuente: SYSCOM, 2013

De acuerdo a la (NFPA-72, 2007) (Código Nacional de Alarmas de Incendio) “deberá colocarse una o más estaciones manuales de alarma de acuerdo a las condiciones que se mencionan a continuación”.

- En cada nivel
- Por cada 930m<sup>2</sup> o menos de superficie
- Un recorrido horizontal real no mayor de 30m entre el usuario y la misma
- En las vías de escape cercanas a las salidas

#### **2.4.2.1 Alarma:**

Una alarma es una señal que puede ser luminosa y/o audible con el objetivo de avisar a todo aquel que la vea o escuche de que hay un incendio en el establecimiento.

#### **- Mecanismos de activación de una alarma**

- a) Alarma automática con previa señal: Puede ser luminosa y luminosa y es transmitida a un tablero central de control, al activarse el sistema de detección.

- b) Alarma manual con previa señal: Esta señal puede ser luminosa y audible y es transmitida a un tablero central de control al activarse una estación manual de alarma.
- c) Alarma manual simple: Es una señal solo audible que se activa cuando se acciona una estación manual de alarma. (COVENIN 3048, 1993)

#### 2.4.2.2.1 Alarma audible

Generan un tono de alarma o son medios de notificación audible de emergencia. De acuerdo con la (NFPA-72, 2007) es indispensable tener un sistema de alarma audible en todo establecimiento.

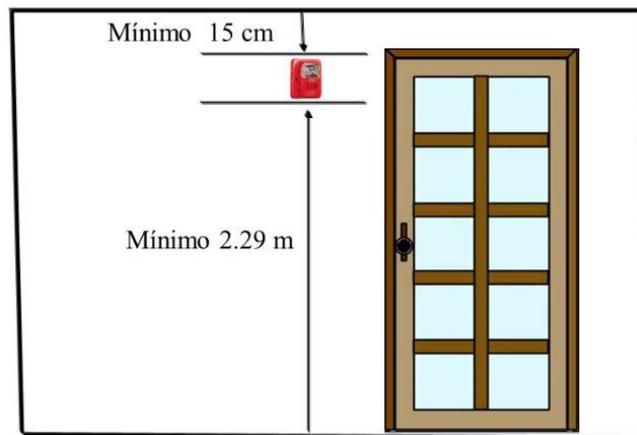


Figura 2.20 Instalación de dispositivos auditivos.  
Fuente: SYSCOM, 2013

#### 2.4.2.2.2 Alarmas visuales

Es un tipo señalización que va alarmar sobre una situación de peligro y dando la necesidad de actuar de forma urgente o de la evacuación total del área de peligro. Se emitirá una luz y estarán ubicadas en lugares estratégicos y es de obligación de acuerdo a la norma de (NFPA-72, 2007) tenerlas en las vías de evacuación.

Esta señal es de gran importancia si en el establecimiento se encuentra una persona incapaz de oír, con esas luces lo alarmará y procederá a la respectiva evacuación del lugar.

A continuación, en la Figura 2.21 Se mostrará las distancias mínimas en la instalación de una alarma visual.

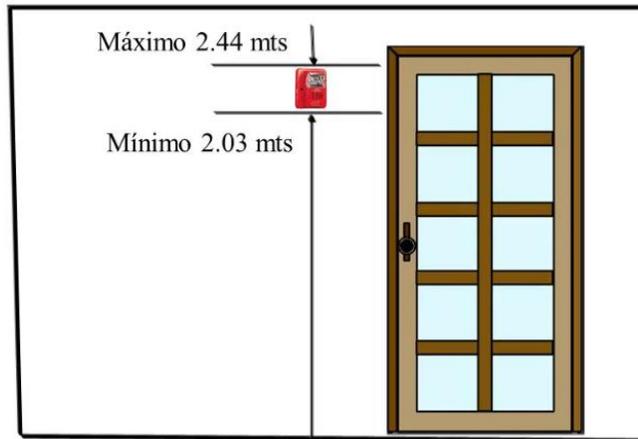


Figura 2.21 Instalación de una alarma visual con sus medidas mínimas.  
Fuente: SYSCOM, 2013

#### 2.4.2.2 Tableros central de control

La definición de tableros central de control según (COVENIN 1041, 1999) es "Un conjunto modular de gabinetes que contiene dispositivos y controles eléctricos y/o electrónicos, necesarios para supervisar, recibir señales de estaciones manuales y/o detectores automáticos, y transmitir señales de alarma a los dispositivos encargados de tomar alguna acción".

A continuación, en la figura 2.22 se mostrará el diagrama de la fuente de alimentación de los tableros centrales de control.

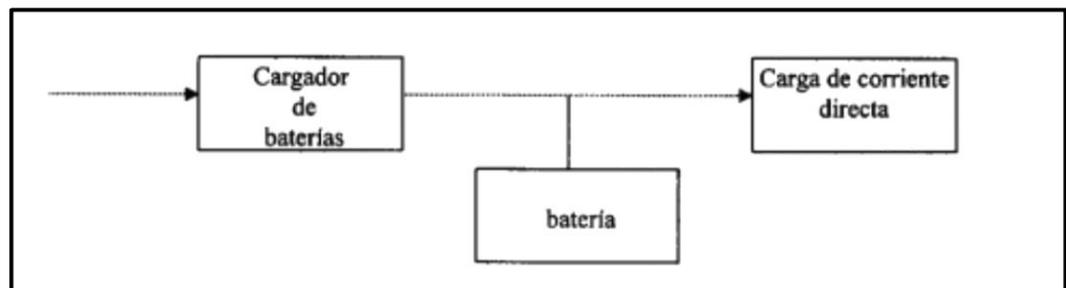


Figura 2.22 Diagrama de la fuente de alimentación  
Fuente: (COVENIN 1041, 1999)



Figura 2.23 Instalación de un Tablero de control.  
Fuente: López Ingeniería, 2015

### 2.4.3 Sistema de extinción de incendios

Es un sistema de técnicas aplicadas para combatir un conato de incendio y reducir lo máximo posible los daños que estos causan. Según (IEEE 979, 2012) "Se debe considerar la instalación de Sistemas Fijos de Extinción de Incendios en aquellas subestaciones donde los transformadores se encuentren ubicados cerca de edificios de subestaciones, otros transformadores u otros equipos mayores".

#### 2.4.3.1 Métodos de extinción de incendios

Según el manual de aspectos básicos contra incendios de (ENELVEN, 2005).

- **Enfriamiento:** "Consiste en reducir el calor presente en el proceso, lo que hace que la temperatura del material combustible incendiado caiga por debajo de su punto de inflamación. Una de las sustancias más comunes para lograr este efecto es el agua".
- **Remoción:** Es en la eliminación del material combustible, pero en varios procesos se vuelve complicado. La temperatura de contrafuego puede ser utilizada para que el fuego no arrase con un bosque.
- **Sofocación:** Consiste en disminuir el oxígeno que está presente en el medio y se lo obtiene de dos formas: "Envolviendo el incendio en forma tal

que no haya circulación entre el vapor y el aire”. La otra forma es “Aplicando un gas inerte que no alimente la combustión, que sea más pesado que el aire para que lo desplace, como ocurre cuando aplicamos dióxido de carbono a un incendio”.

- **Inhibición química de la llama:** “Consiste en bloquear las reacciones en cadena presentes en el proceso, mediante la interrupción de los radicales libres de oxígeno (O), hidrógeno (H) y carbono (C) que se forma en la combustión como llama y que representan la liberación de energía que forma la llama precisamente”. (ENELVEN, 2005)

#### 2.4.3.2 Agentes Extintores:

- **Agua:** Es el agente más común en los SCI sin embargo hay que usar el agua con discreción si estamos en zonas donde existen equipos eléctricos, para evitar cortocircuitos. Se deberán tomar medidas para evitar la mala operación de un sistema de supresión de agua. Al momento de utilizar este agente se tendrá que instalar un drenaje adecuado. Previo al uso de este método de extinción en áreas internas, se deberá revisar si los equipos son herméticos. Si el fabricante no lo indica en el equipo, el agua no deberá envolver a los pararrayos o bushings energizados por influencia directa. (IEEE 979, 2012)
- **Dióxido de Carbono:** Este agente se lo aplica en toda clase de incendios y no deja residuos, es un gas no combustible que tiene la capacidad de ingresar y esparcirse por todas las áreas donde ocurre el incendio eliminando el oxígeno. Una gran ventaja que tiene al contrario del agua es que no conduce electricidad, por lo que se lo puede utilizar en equipos energizados. Una desventaja que tiene el CO<sub>2</sub> es su concentración del 9% y puede causar inconsciencia hasta la muerte, pero para combatir un conato de incendio la mínima concentración es del 30%. Otras desventajas al usarse es que dejará una potencial corrosión, los efectos

del choque térmico en los equipos eléctricos y el peligro hacia los usuarios. El CO<sub>2</sub> no se lo puede usar en exteriores ya que el viento fácilmente lo puede disipar y lo hará inefectivo contra un incendio. (IEEE 979, 2012)

Según la (IEEE 979, 2012) “para la seguridad del personal en espacios cerrados o confinados, deberían tomarse precauciones para proporcionar una válvula de cerrado manual en el sistema de dióxido de carbono para prevenir una actuación accidental del sistema cuando se esté realizando mantenimiento en el área. Se debería tener supervisión de este sistema”.

- **Agente limpio (FM-200):** Es un gas incoloro a temperatura ambiente, pero se lo puede almacenar como líquido, aparte de su rápida acción ante un incendio su gran ventaja es que no es conductor de electricidad lo que lo hace confiable al tener equipos valiosos en las instalaciones, es un gas ideal en todos los aspectos, ya que su almacenamiento es muy reducido, no es perjudicial para la salud de las personas y se lo puede emplear en oficinas, sin dañar ningún tipo de documento que se encuentre. Es muy eficiente al extinguir incendios de tipo A, B y C.

Es el remplazante ideal del Halón 1301 ya que no es tóxico con el ambiente. Este agente se lo diseña y se lo instala de acuerdo con la norma NFPA 2001 (Sistema de extinción de incendios mediante agentes limpios).

- **Químicos secos:** Los agentes conformados con productos químicos secos hoy en día usados; son una mezcla de bicarbonato de sodio, potasio o fosfato de amonio. En el momento de un incendio estos agentes químicos extinguen el fuego eficazmente y se vuelve una buena alternativa, pero su desventaja es que reducen la visibilidad, son

perjudiciales al ser inhalados y son propensos a obstruir los filtros de las ventilaciones de los equipos. (IEEE 979, 2012)

- **Hidrocarburos Halógenos:** Un agente halogenado contiene elementos como fluorino, bromine, clorino y yodino. Los autónomos de este agente integran gases que no son combustibles al momento de remplazar los átomos de hidrogeno en componentes de hidrocarbano como el metano o el etano. Los más conocidos son los Halón 1211 y el 1301. Es peligroso que el Halón 1301 actúe con personas presentes, principalmente si existen arcos eléctricos. El Halón 1211 es más efectivo que el 1301 en extinción, pero con la desventaja que es más toxico por su clorino. Estos agentes por muy eficaces que sean, su toxicidad los hace descartables, en Estados unidos no están disponibles desde 1995. (Avila & Contreras, 2006)
  
- **Espuma:** “Este sistema está formado burbujas llenas de gas las cuales se forman por soluciones acuosas de agentes espumantes de distintas fórmulas”. (Palacios, 2017) Este agente trabaja como un enfriador ya que la espuma tiene la capacidad de flotar sobre los líquidos inflamables presentes, sellando los gases, desplazando al oxigeno del aire enfriando el combustible. (Alvarado, 2007)

Existen 2 tipos de espuma, de alta expansión y de baja, para escoger el sistema ideal se deben considerar estas reglas:

- a) La espuma no debe ser utilizada junto con el agente de químicos secos o líquidos vaporizados. (Palacios, 2017)
  
- b) Este método de extinción no debe ser utilizada en incendios de clase C ya que la espuma conduce electricidad.

- c) "La espuma de alta expansión puede dar la impresión que, al sumergir completamente el fuego, éste aparentemente ha sido apagado pero el combustible puede seguir quemándose discretamente bajo ésta. Esto puede ocurrir cuando se están quemando vapores debajo de la espuma soportando la sábana de espuma con aire caliente. (Alvarado, 2007)

#### 2.4.4 Aspectos ambientales:

Según (Avila & Contreras, 2006) al momento de una evaluación de una alternativa se consideran tres factores ambientales:

- 1) Vida atmosférica.
- 2) Capacidad de agotamiento de la capa de ozono.
- 3) Contribución al recalentamiento de la tierra.

A continuación, en la tabla 2.5 Se muestra los factores ambientales que intervienen en los agentes de extinción.

Tabla 2.5 Factores Ambientales que intervienen en ciertos agentes de extinción.

<b>AGENTE</b>	<b>ODP</b>	<b>GWP (100 Años)</b>	<b>VIDA ATMOSFÉRICA (Años)</b>
Halón 1310	10	6.900	65
FM – 200	0	3.800	36.5
Inergen	0	N/A	N/A
Dióxido de carbono	0	N/A	N/A

Fuente: GL & Asociados, Guía MD – 152, 2001

##### 2.4.4.1 Vías fluviales

Sí la subestación está cerca de arroyos, ríos, aguas en subterráneos u otros sistemas de agua, se debe tener mayor precaución en la liberación de aceite aislante para no contaminarlo.

### 2.4.5 Aspectos Fisiológicos

El principal factor en un agente de extinción limpio es si posee toxicidad, especialmente si se los activará en lugares habitados. Los agentes compuestos de carbono halogenados, tienen el peligro por la sensibilización cardiaca y anestesia. (Avila & Contreras, 2006)

Estos son los terminos para identificar el grado de toxicidad de un agente limpio.

- **NOAEL** ("No Observed Adverse Effect Level") La concentración más alta que no causa efectos adversos en las personas.
- **LOAEL** ("Lowest Observed Adverse Effect Level") La concentración más baja a la cual se han observado efectos adversos.

A continuación, en la tabla 2.6 se muestra los factores fisiológicos que influyen ciertos agentes de extinción.

Tabla 2.6 Factores fisiológicos que influyen en ciertos agentes de extinción.

<b>AGENTE</b>	<b>CONCENTRACIÓN DE DISEÑO</b>	<b>NOAEL (%)</b>	<b>LOAEL (%)</b>
Halon 1310	5	5	7.5
FM – 200	7.44	9	10.5
Inergen	37.5	43	52
Dióxido de carbono	50	5	7

Fuente: GL & Asociados, Guía MD – 152, 2001

### 2.4.6 Extintor:

Un extintor es un equipo que contiene en su interior un agente de extinción que al ser accionado expulsa bajo presión. Estos pueden ser portátiles y sobreruedas.

### 2.4.6.1 Extintores portátiles o manuales

Son los primeros agentes que intervienen para extinguir un conato de incendio de un tamaño moderado (no deber pesar en total mas de 25kg), son sumamente necesarios asi sea que el edificio presenten rociadores automaticos en los techos, asi mismo con las torres de suministro de agua y mangueras, entre otros. (IEEE 979, 2012)

A continuación en la Figura 2.24 se muestra el extintor portátil con sus respectivas señáleticas.



Figura 2.24 Extintor portátil con señáleticas.  
Fuente: SEVITASA, 2014

### 2.4.6.2 Extintores sobre ruedas

Son extintores que por su peso que es superior a los 25kg en total contando cilindro, agente extintor y accesorios, tienen ruedas para su rápido transporte en un incendio.

Estos estan divididos en presión directa y presión indirecta

- **Presión directa:** “Es aquel en que el agente impulsor gaseoso e inerte está en contacto directo con el agente extintor y posee manómetro que indica la presión constante dentro del cilindro”. Citar COVENIN 2605-89

- **Presión indirecta:** "Es aquel en que el impulsor no está en contacto directo con el agente extintor". Citar COVENIN 2605-89

Los requerimientos generales son:

- Los extintores estan clasificados por letras que indican a que clase de fuego estan diseñados para poder extinguirlo con efectividad.
- Los extintores deben estar visibles, de acceso rapido y que estén en plena condición para su uso en caso de emergencia.
- Las cajas o armarios donde se encuentran los extintores no deben tener llave o algun impedimento para su uso, solo en casos donde pueden ser usados indebidamente, colocar cerradura.

A continuacion en la Tabla 2.7 se mostrará la clasificación de extintores según su clase de fuego.

Tabla 2.7 Clasificación de los extintores según la clase de fuego.

Símbolo	Clase de	Elemento	Agente	Método de
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles Sólidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel</li> <li>• Cartón</li> <li>• Plástico</li> <li>• Tela</li> <li>• Madera</li> <li>• Otros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua (H<sub>2</sub>O)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfriamiento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líquidos y gases inflamables y/o combustibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grasas</li> <li>• Plástico</li> <li>• Aceite</li> <li>• Gasolina</li> <li>• Gasoil</li> <li>• Pintura</li> <li>• Otros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polvo químico seco (PQS)</li> <li>• Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Espuma</li> <li>• Agua (H<sub>2</sub>O)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interrumpo en la reaccion en cadena producida a nivel de la llama</li> <li>• Sofocación</li> <li>• Sofocación y enfriamiento</li> <li>• Sofocación.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones / equipos eléctricos energizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artefactos y equipos Eléctricos energizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Polvo Químico Seco (PQS)</li> <li>• Halón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sofocación.</li> <li>• Inhibición de reacción química entre el combustible y el oxígeno.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metales combustibles</li> <li>• Metales pulverizados o finamente divididos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnesio</li> <li>• Sodio</li> <li>• Potasio</li> <li>• Titanio</li> <li>• Otros</li> <li>• Aluminio en polvo</li> <li>• Virutas de acero</li> <li>• Otros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polvos Secos Especiales (G-1, Met-1-X, Na-X).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sofocación.</li> </ul>

Fuente: (COVENIN 1040, 1989)

### 2.4.7 Hidratante:

“Es un dispositivo de suministro de agua para el combate de incendios, conectado a la red del acuerdo y situado en áreas de dominio público y pueden ser”: (COVENIN 1294, 2001)

- **Hidrante de poste (superficial):** “Es aquel cuyas bocas de agua se encuentran por encima del nivel del piso o acera”.
- **Hidrante subterráneo (de tanquilla):** “Es aquel cuyas bocas de agua se encuentran debajo del nivel del piso o acera”.
- **Hidrante de pared:** “Es aquel cuyas bocas de agua se encuentran instaladas sobre la superficie de una pared y por encima del nivel del piso, con sus mecanismos de control y tuberías embutidas o detrás de la misma” (COVENIN 1294, 2001)

### 2.4.8 Rociadores:

Según (COVENIN 1376, 1999) los rociadores están definidos con respecto a su diseño y a sus características de operación.

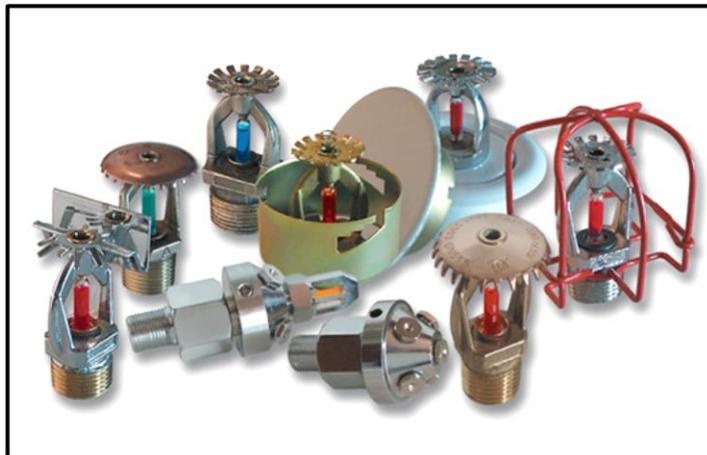


Figura 2.25 Distintos tipos de rociadores  
Fuente: Grupo Prefire, 2011

- **Rociador de rocío (Spray Sprinkler):** “Rociador listado por su capacidad para promover control de incendio, para un amplio rango de riesgo de incendio”. (COVENIN 1376, 1999)
- **Rociador convencional:** Rociadores que al principio rocían hacia abajo del 40% al 60% de su descarga total de agua y según el fabricante se lo instala con el deflector hacia abajo o hacia arriba.
- **Rociador de respuesta rápida:** Este rociador tiene la capacidad de responder ante un incendio inmediatamente.
- **Rociador residencial:** Este rociador funciona de manera inmediata ante un incendio y se especializa en protección de equipos que se encuentran en habitaciones.
- **Rociadores de cobertura extendida:** Pertenece al tipo de rociador de rocío, pero con un área de protección considerablemente extensa.
- **Rociador de respuesta extra rápida:** “Es un tipo de rociador listado tanto de respuesta rápida como de rocío” (COVENIN 1376, 1999)
- **Rociador de cobertura extendida y respuesta extra rápida:** Están diseñados a responder inmediatamente ante un incendio cubriendo un área de protección extendida al máximo.
- **Rociador de respuesta extra rápida y su presión temprana:** Son rociadores de respuesta inmediata y diseñada para operar con una supresión de incendio en riesgo específico.
- **Rociador de gota gruesa:** Su característica principal es que expulsa gotas gruesas de agua y tienen la capacidad de controlar incendios de alto riesgo.

- **Rociador de supresión temprana y respuesta rápida:** Rociadores que responden inmediatamente ante un incendio y se los usa por su característica la cual es la supresión de incendio de alto riesgo.
- **Rociador abierto:** "Rociadores a los cuales se les han removido los elementos de actuación y respuesta al calor" (COVENIN 1376, 1999)
- **Boquillas:** "Dispositivos que se utilizan en aplicaciones que requieran patrones de descarga especial, rocío direccionado u otras características de descarga especial". (COVENIN 1376, 1999)

#### 2.4.8.1 Tipos de sistemas de rociadores:

Según (COVENIN 1376, 1999) los sistemas de rociadores tienen el objetivo de proteger los equipos de un incendio, es un sistema comprendido por tuberías aéreas y/o subterráneas, y están diseñadas basadas en normas de ingeniería internacionales contra incendios.

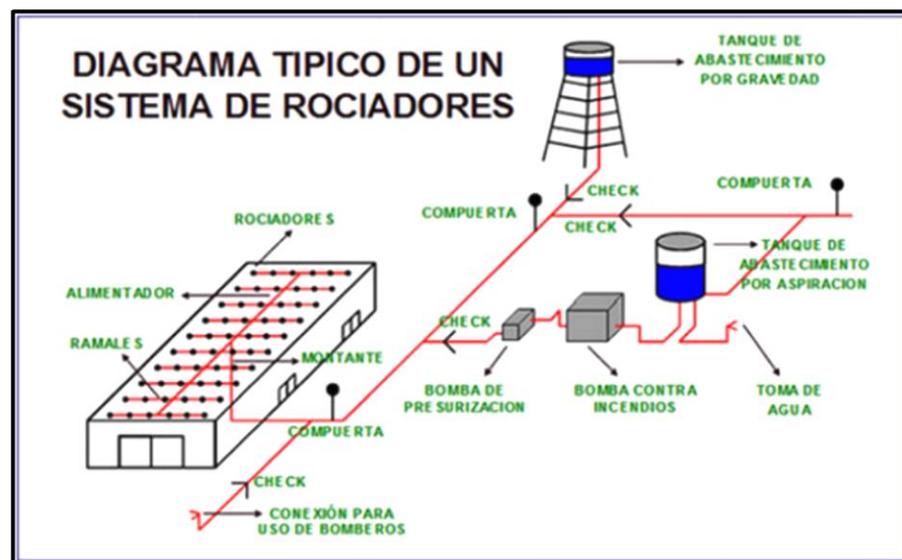


Figura 2.26 Diagrama típico de un sistema de rociadores  
Fuente: AJC Proyectos, 2013

Los tipos de sistema de rociadores son:

- **Sistema húmedo:** Este sistema utiliza rociadores automáticos, que van conectados a un sistema de tuberías que contienen agua y al mismo tiempo están conectados a un suministro de agua; por lo tanto, cuando ocurre un incendio este opera rápidamente después de que el rociador es activado por el calor del incendio. (COVENIN 1376, 1999)

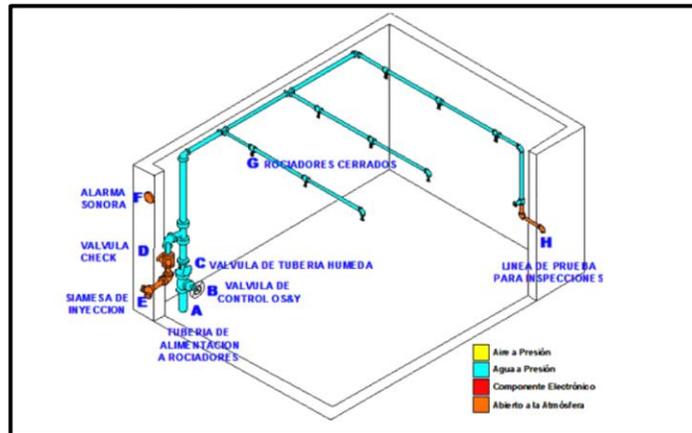


Figura 2.27 Sistema de rociadores para tuberías húmedas  
Fuente: SunFire S.A.C., 2009

- **Sistema seco:** Sistema compuesto por rociadores automáticos, que van conectados a un sistema de tuberías donde dentro hay aire o nitrógeno bajo presión y cuando es expulsado hace que la presión del agua abra una válvula y se la conoce como válvula seca. (COVENIN 1376, 1999)

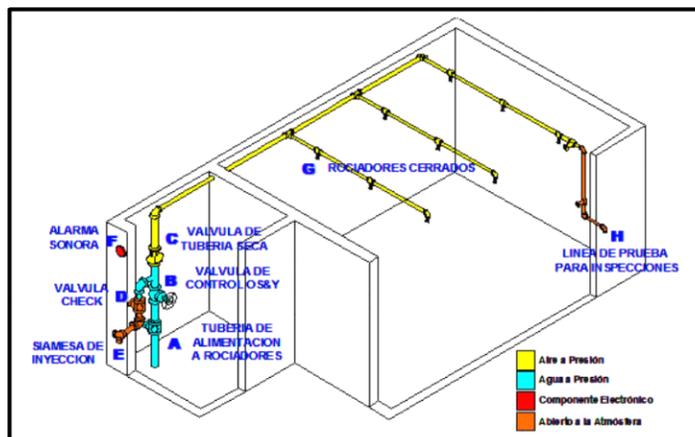


Figura 2.28 Sistema de rociadores para tuberías secas  
Fuente: SunFire S.A.C., 2009

- **Sistema de diluvio:** Este sistema opera con rociadores abiertos, los cuales van conectados a un sistema de tuberías y así mismo conectado al suministro de agua por medio de una válvula que se activa por la operación de un sistema de detección instalado donde van los rociadores.

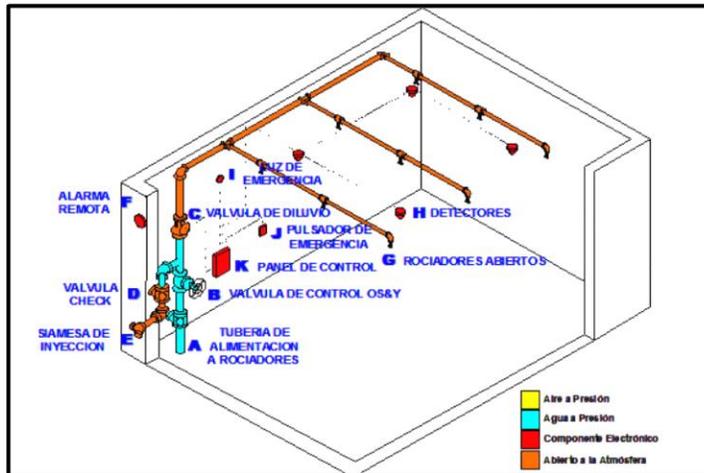


Figura 2.29 Sistema de rociadores de diluvio  
Fuente: SunFire S.A.C., 2009

- **Sistema de pre-acción:** Este sistema opera con rociadores automáticos, conectados a un sistema de tuberías que llevan aire, que puede estar a baja presión o no, unido a un sistema de detección adicional instalados donde van los rociadores.

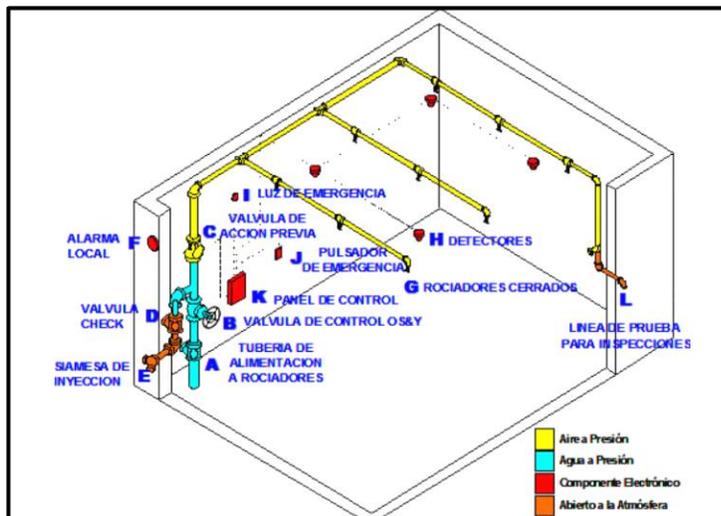


Figura 2.30 Sistema de rociadores de pre-acción  
Fuente: SunFire S.A.C., 2009

- **Sistema combinado seco y de pre-acción:** Este sistema trabaja con rociadores automáticos, conectados a un sistema de tuberías donde dentro tienen aire bajo presión, que puede estar bajo presión o no estarlo, unido a un sistema de detección adicional instalado donde están los rociadores. El sistema de detección que aparte de trabajar como un dispositivo de detección de incendio activa dispositivos de disparo los cuales abren al mismo tiempo válvulas secas y sin perder presión de aire en el sistema. (COVENIN 1376, 1999)
  
- **Sistema con anticongelante:** Este es un sistema húmedo que opera con rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías, donde dentro llevan una solución anticongelante y unido al suministro de agua. Esta solución es expulsada, luego del agua, rápidamente a la operación de rociadores abiertos por la temperatura que emite el fuego.
  
- **Sistema de circulación cerrada:** Este es un sistema húmedo de rociadores que posee conexiones aparte del sistema de rociadores automáticos, en un sistema de circulación cerrada, con el objetivo de usar la tubería de rociadores para transportar el agua para el enfriamiento o calefacción.
  
- **Sistema emparrillado:** “Es un sistema que posee cabezales en paralelos y están conectados por múltiples ramales. Un rociador recibirá agua por ambos extremos de su ramal mientras que los otros ramales ayudan a transferir agua entre cabezales”. (COVENIN 1376, 1999)
  
- **Sistema tipo anillo:** “En este sistema los cabezales son interconectados, de manera que provean más de una trayectoria de flujo para el agua hacia un rociador en operación y los ramales no están conectados entre sí”. (COVENIN 1376, 1999)

## 2.4.9 Sistema de protección pasiva contra incendios

### 2.4.9.1 Contención de Aceite

Una de las causas más comunes de que se produzca un incendio en los transformadores es que su tanque sufra una ruptura exterior. Dependiendo del tamaño y de donde sea la ruptura del tanque se verá reflejado en cuanto líquido flameante se derrame en el patio de la subestación. Sin embargo, así sea que se haya apagado el incendio, puede que exista una fuga en el transformador de gran cantidad de combustible y de líquidos peligrosos para el ambiente sobre el patio. Por lo que se han tomado precauciones especiales para recoger y contener el aceite. (IEEE 979, 2012)

- **Bermas:** Las bermas tienen la función de contener en un área específica la mayor cantidad de aceite que se pueda esperar del transformador. El material para la construcción deberá ser de asfalto, hormigón, etc. Para tener un almacenamiento impermeable. Se los diseña sabiendo que no solo se almacenará aceite sino también agua que puede ser por la lluvia o por el sistema fijo de extinción contra incendios que se aplique en el transformador. También debe estar diseñado para contener la descarga hidráulica esperada y proveer una apropiada escala de incendio. (IEEE 979, 2012)

Las desventajas de este sistema son que el agua de la lluvia se quede estancada o que se haga un depósito de aceite a alta temperatura al exterior del sistema fijo de protección del transformador. La otra desventaja es que las bermas pueden tener problemas cuando se hagan pruebas y al traer equipo de manejo de aceite, camiones de laboratorio, etc. Cerca del transformador. No obstante, las bermas representan una garantía de que los fluidos que han sido derramados sean almacenados en el área rodeando el transformador, impidiendo que se extienda a otras áreas u otros equipos. (IEEE 979, 2012)

- **Fosos o Zanjas:** Existen una variedad de diseños de fosos que actualmente se han estado usando en las subestaciones. Están contruidos por materiales como cemento, arcilla, o revestidos y por lo general se los llena con piedra molida o grava, dando la garantía de que el aceite y el agua almacenada no debiliten los cimientos del equipo. El terreno circundante al transformador deberá tener la gradiente necesaria para que el aceite circule hacia el foso. (IEEE 979, 2012)
- **Tanques de contención:** “El agua y aceite pueden ser conducidos a través de tuberías desde un pozo a un tanque de contención o estanque. Luego se retira el aceite con una desnatadora”. (IEEE 979, 2012)
- **Tuberías de drenaje:** “Las tuberías de drenaje de los fosos deberán estar provistas de una válvula de peso específico que se abra para permitir el paso del agua, pero se cierre cuando el aceite intente pasar”. (IEEE 979, 2012)
- **Fosos de retención de aceite:** Estos fosos están contruidos con materiales uniformes adecuados para la retención como piedra triturada del tamaño necesario. Estos fosos frecuentemente están cercados por una berma para impedir el flujo de agua por lluvia. El objetivo de estas construcciones es evitar un incendio en un charco de líquido inflamable, pero se necesita la instalación de un drenaje. Previamente a la selección de este tipo de retención se debe hacer estudios como el nivel freático local, la temperatura de congelación y en ciertas subestaciones considerar el riesgo de tormentas de arena o polvo. (IEEE 979, 2012)

A continuación, en la Figura 2.31 se muestra un foso con retención de aceite

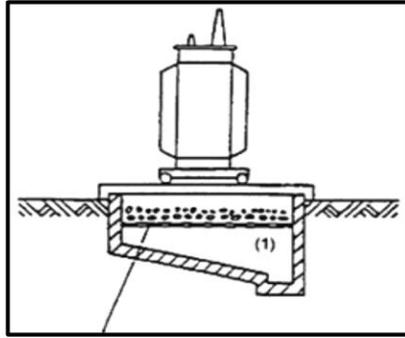


Figura 2.31 Foso de lecho de grava para la retención de aceite  
Fuente: (IMSE, 2016)

- **Pozos poco profundos:** “Los pozos poco profundos tienen cubiertas ya sea con o sin revestimiento, o tuberías que permite que el agua y el aceite se desvíen a otro sitio de la subestación para su eliminación”. (IEEE 979, 2012)
- **Gradiente:** El gradiente dependerá de la topografía de la subestación y sirve para que el aceite derramado fluya hacia un sector donde no corra peligro los equipos ni las personas. Hay una desventaja muy probable con el gradiente que es que cuando ocurre un incendio por el aceite, gran parte de la subestación estará involucrada en el incendio lo que haría más difícil la extinción del mismo. (IEEE 979, 2012)

#### **2.4.10 Otros métodos para tomar en cuenta para la prevención de incendios en las subestaciones**

##### **2.4.10.1 Aliviadores de presión**

“La descarga de cualquier dispositivo de alivio de presión de aceite debe dirigirse lejos de cualquier equipo cercano para prevenir daños por aceite hirviente”. (IEEE 979, 2012)

##### **2.4.10.2 Ventilación para explosiones**

Se deben instalar aliviadores de explosiones y/o dispositivos de ventilación para reducir los daños mecánicos y estructurales por una explosión en los

equipos donde en su interior contienen aceite, por ejemplo: transformadores, reguladores o disyuntores. (IEEE 979, 2012)

Las consideraciones básicas a tomar son:

- “El material descargado de un recinto durante la ventilación de una deflagración, se debe dirigir fuera a un lugar seguro”. (IEEE 979, 2012)
- La salida de la ventilación debe estar libre y clara sin nada que la interrumpa. (IEEE 979, 2012)
- Es necesario colocar una señalética que advierta en cuanto a la ubicación de un respiradero. (IEEE 979, 2012)

#### **2.4.10.3 Soportes**

Los interruptores de desconexión que soportan las estructuras deberán ser lo más bajo que se pueda cuando están cerca de equipos que contienen aceite con el fin de evitar el calor extremo en los niveles superiores de un conato de incendio. Todas las estructuras o soportes que tengan el riesgo de ser parte de un incendio por aceite, su material de construcción será el acero y no de aluminio. Ya que el acero puede tolerar temperaturas de 538°C sin que sufra daños su estructura. En cambio, el aluminio solo puede tolerar 177°C. Los soportes no se pueden ubicar directamente sobre el transformador. (IEEE 979, 2012)

#### **2.4.10.4 Pararrayos de la oleada**

Para reducir los riesgos de que se genere un incendio en los equipos por las oleadas, se deben medir y ubicar apropiadamente los pararrayos. (IEEE 979, 2012)

#### **2.4.10.5 Relámpagos directo-colapso**

“De ser necesaria, protección relámpago colapso-directo, v.g., mástiles en el suelo, alambres estáticos, etc., debe ser instalado para que todo el equipo y edificaciones estén protegidos”. (IEEE 979, 2012)

#### **2.4.10.6 Poner a tierra**

Es obligación que todos los equipos que estén en la subestación tengan su puesta a tierra apropiadamente con conductores precisamente medidos y terminaciones bien hechas para evadir corrientes de avería. Esto es indispensable para evitar fallas del conductor a tierra y sus terminaciones, que tienen como consecuencia daños a los equipos más severos y un incendio. (IEEE 979, 2012)

#### **2.4.10.7 Cable**

Los cables que se ubican en los rieles o a través de caminos bajo tierra pueden prolongar un incendio de un lugar o pieza de equipo a otro. Por lo que los cables que se usen en subestaciones de interior deberán resistir la propagación de incendios. (IEEE 979, 2012)

Los cables que se usen deberán ser clasificados por los parámetros de prueba de llamas especificados en IEEE 383. Donde se darán las instrucciones para la selección de cables. Si los empalmes de cable son utilizados se tienen que hacer sin que se degrade la calidad del circuito. (IEEE 979, 2012)

#### **2.4.11 Sistema de bombas**

##### **2.4.11.1 Electrobomba y motobomba contra incendios**

Una parte fundamental del sistema contra incendios son las bombas las cuales van a abastecer de agua y se alimentan por electricidad, diésel o ambos. El suministro de agua subterránea, pozo o fuente de agua como tanque, dependerá para alimentar a la bomba. La bomba produce un caudal de agua a alta presión para que los rociadores y tuberías instaladas estén alimentados del

mismo. La bomba se prueba solo para su uso en el servicio de un sistema contra incendios. La norma principal que regula las instalaciones de las bombas para sistemas contra incendios es la NFPA 20 (Asociación Nacional de Protección contra Fuego) que detalla cómo se debe hacer una instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios.

La segunda bomba se llama Jockey, esta bomba es más pequeña y está conectada al sistema de rociadores y su función es mantener la presión en el sistema de tuberías de protección en un nivel alto para cuando ocurra un incendio un solo rociador cause una caída de presión la cual será detectada sencillamente por el control automático del sistema, haciendo que la bomba principal arranque. La bomba Jockey sería una parte del sistema de control de la bomba principal contra incendios. (AFG Security, 2014)

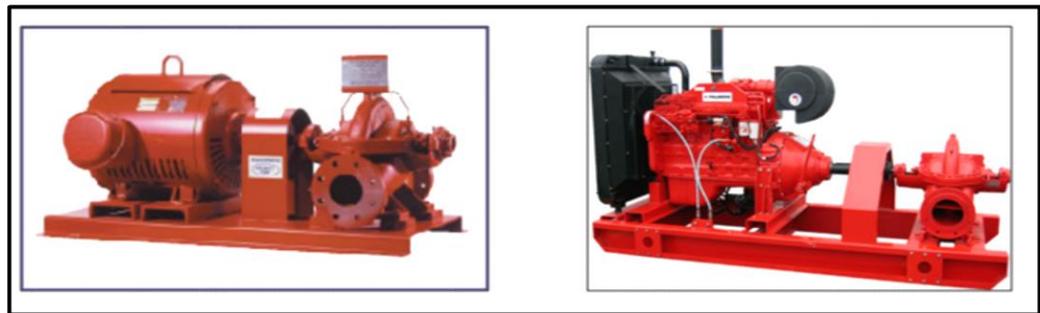


Figura 2.32 Bomba estacionaria bomba jockey  
Fuente: AFG Security, 2014

#### **2.4.12 Técnicas actuales para sistemas de protección contra incendios**

Al momento de realizar un sistema de protección contra incendios se deben tomar en cuenta dos áreas, la principal que es el área de los transformadores y la segunda que es el resto de la subestación.

Para la segunda área se utilizan los extintores portátiles, cuyo agente de extinción es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a presión, que se extiende y se fija alrededor de la zona de baja y alta tensión. (Palacios, 2017)

Según el estándar 70 de la (NFPA, 2002) los transformadores de tipo exterior deben estar protegido al menos con estos sistemas de protección a continuación:

- a) Si el transformador es menor de 10 MVA, si existe uno o más, se requiere como mínimo un extintor portátil.
- b) Si el transformador es de 10 MVA hasta 100 MVA, si existe uno solo, se deberá instalar solo un hidrante.
- c) Si el transformador es de 10 a 100 MVA y sean dos o más, se debe estipular una distancia mínima de 8 metros entre cada transformador. Si no se puede entonces se deberá construir una barrera anti-incendio entre ellos. Se deberá instalar un sistema automático de extinción por agua de una o más tuberías.
- d) Si el transformador es mayor a 100 MVA, es igual que literal anterior.
- e) Según el estándar 70 de la (NFPA, 2002) los transformadores de tipo interior deben estar protegidos al menos con estos sistemas de protección a continuación (con excepción si el agente de extinción es dióxido de carbono): Bóveda especial anti incendio.
- f) Si el transformador es menor a 50 MVA, donde exista uno o más sin exceder un total de 50 MVA, se necesitará como mínimo un extintor portátil.
- g) Si el transformador es menor a 50 MVA, y sean dos o más y sobrepasan los 50 MVA en total, se necesitará instalar un sistema automático de extinción por agua.

## PARTE II APORTACIONES

### CAPÍTULO 3

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

##### 3.1.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto del Sistema de Protección Contra Incendios de la UCSG formará parte del proyecto de la subestación eléctrica del mismo nombre de 69KV. El presente documento tiene como objetivo principal ser base técnica para la implementación del Sistema Contra Incendios para la subestación de 69KV de la UCSG cumpliendo con las normas requeridas por la NFPA. Este sistema servirá para detectar y extinguir cualquier tipo de incendio ocurrido en el transformador de poder o en el cuarto de control. Para el diseño del sistema contra incendio se tomó como base los planos de implantación de la subestación de 69KV de la UCSG. Se tomó en consideración tuberías de un material resistente y aprobado por la NFPA las cuales van a rodear el transformador de poder de la subestación, incluyendo rociadores para el sistema de diluvio.

##### 3.1.2 Ubicación del proyecto

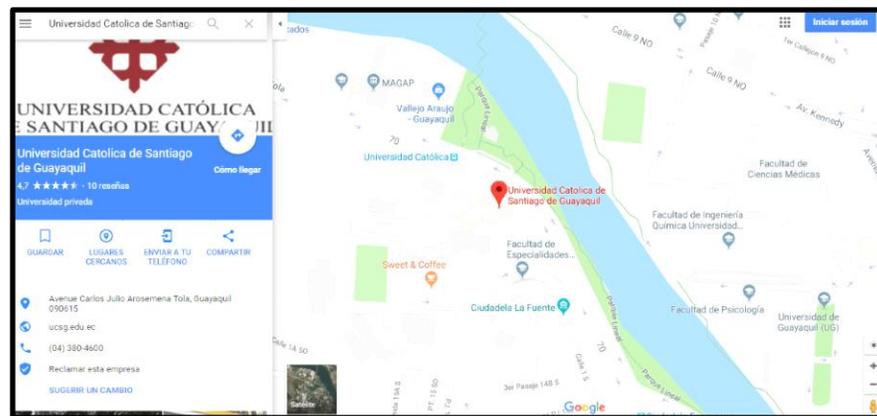


Figura 3.1 Ubicación de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil  
Fuente: Google MAP, 2018

El proyecto del sistema contra incendios para la subestación de 69 KV de la UCSG se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad en

el cantón de Guayaquil de la provincia del Guayas. En la avenida Carlos Julio Tola, km 1.5 Guayaquil.

### 3.1.3 Descripción del sistema

El sistema contra incendios que se diseñara según la (NFPA 15, 2012) se divide en dos zonas, en el patio de maniobras donde se encuentra el transformador de poder y el cuarto de control. Para el patio de maniobras, como el transformador estará descubierto se diseñará un sistema de Diluvio (agua pulverizada), con un sistema de 16 rociadores, el sistema de detección a diseñar será por un sensor lineal (cable térmico), su respectiva Siamesa, gabinete de SCI, válvulas y cuarto de bomba. Para el interior del cuarto de control se diseñó los detectores de humo con sus rociadores con el agente de extinción de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), el pulsador, sistema de alarma y sus extintores, etc.

### 3.1.4 Tabla de resumen

En la tabla 3.1 se hace una síntesis de todo el capítulo donde se ha marcado los datos más relevantes del proyecto a presentarse.

Tabla 3.1 Resumen del capítulo

<b>Propietario</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
<b>Ubicación</b>	Centro de Guayaquil, Guayas, Ecuador
<b>Subestación</b>	Subestación UCSG.
<b>Nivel de voltaje</b>	69 KV
<b>Normas</b>	<p><b>NFPA 10</b> Norma de extintores portátiles</p> <p><b>NFPA 12</b> Norma sobre extinción con Dióxido de Carbono</p> <p><b>NFPA 13</b> Norma para instalación de sistema de rociadores</p> <p><b>NFPA 14</b> Instalación de sistema de tubería y mangueras</p> <p><b>NFPA 15</b> Norma para sistemas fijos. Aspersores de agua</p>

	<p><b>NFPA 20</b> Instalación de bombas estacionarias en un SCI</p> <p><b>NFPA 70</b> National Electrical Code (SEC)</p> <p><b>NFPA 71</b> Norma para el mantenimiento y uso de rociadores</p> <p><b>NFPA 72</b> Norma para la detección de fuego</p> <p><b>IEEE 979</b> Guía para la protección de incendios en subestaciones</p> <p><b>IEEE 980</b> Guía para la contención y control de derrames de aceite en subestaciones</p>
--	--

Elaborado por: Autor

### **3.2 CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO**

Según (NFPA, 2017) el tipo de fuego que existe en una subestación y se lo va a diseñar es de clase C. El riesgo del sistema contra incendios es de clase OHO-02 (ocupaciones de riesgo ordinario grupo 2). Las principales consideraciones que se han tomado en el diseño del sistema contra incendios para la subestación de 69KV de la UCSG son:

- Transformador
- Cuarto de control
- Cuarto de baterías
- Sistema de detección y alarma
- Cables
- Plan de emergencia
- Salida de emergencia
- Extintores
- Teléfonos
- Señalización

### **3.2.1 Transformador**

El transformador de 7.5 MVA que se va a instalar en la subestación de 69 KV en la UCSG contendrá grandes cantidades de aceite, si ocurriese un fallo en el transformador y el aceite es derramado, existe el peligro que el incendio se extienda para otras partes por el material combustible que el transformador almacena. Es por esto que se ha diseñado el transformador acatando las normas de la guía (IEEE 980, 2001) para una mayor seguridad y protección contra incendios.

#### **3.2.1.1 Derrame de aceite**

El aceite derramado es un gran peligro para la seguridad de la subestación y para sus alrededores. El aceite derramado no debe esparcirse peor aún si alrededor de la subestación existe vegetación, es por eso que se han tomado las normas (IEEE 980, 2001) para evitar problemas ambientales. Se instalarán dos métodos de protección contra derrames de aceite.

- Sistema foso colector
- Sistema Trampa de aceite

##### **3.2.1.1.1 Sistema foso colector**

Según (IEEE 980, 2001) el foso colector es un sistema de protección que rodea al transformador cuya función es almacenar el derrame de aceite de un transformador. Este sistema se lo diseñará para su implantación y será de concreto con un ancho de paredes de 15 cm con una extensión de 1 metro del transformador para una eficiencia en almacenamiento de aceite derramado, la capacidad del foso será aproximadamente 5170 litros porque el volumen promedio de aceite en un transformador de 7,5 MVA es de 4700 litros.

$$\text{La densidad del aceite mineral a } 15^{\circ}\text{C} = \frac{880 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

El transformador de 7,5 MVA tendrá un volumen de aceite de aproximadamente 4700 litros, pasandolo a m<sup>3</sup>:

$$\frac{4,700}{1,000} = 4,7 \text{ m}^3$$

Para hallar la masa del aceite:

$$M = d \cdot v$$

$$M = \frac{880 \text{ kg}}{\text{m}^3} * 4,7 \text{ m}^3 = 4,136 \text{ kg} \leftarrow \text{Peso del aceite dieléctrico}$$

Entonces para el diseño del foso para contener el aceite se va a dividir el volumen para la densidad:

$$4,136 \text{ kg} \times \frac{[\text{m}^3]}{880 \text{ kg}} = 4.7 [\text{m}^3]$$

De acuerdo con la norma (IEEE 980, 2001) para el dimensionamiento del foso de contención de aceite se le aumentará un 35% de capacidad al volumen, es decir:

$$4.7 [\text{m}^3] * 1.35 = 6.345 [\text{m}^3]$$

Por lo tanto la fosa de contención tendrá una capacidad aproximadamente de 7 m<sup>3</sup> para almacenar el aceite en caso de derrames.

Las medidas del foso serán de 60 x 30 cm y se las detallarán en el diseño contra incendios.

### **3.2.1.1.2 Sistema trampa de aceite**

Este método de protección se lo diseñó para su implantación cuya función es evitar cualquier tipo de fuga de aceite hacia el sistema de aguas lluvias. Este sistema funcionará recogiendo directamente desde el colector el aceite derramado y el agua por las lluvias o sistema contra incendios. Separando el agua del aceite por su densidad, almacenando el aceite en la trampa y botando

el agua. Se ha diseñado esta trampa para que almacene un máximo de 3000 litros de líquidos, ya que en casos de fallas el foso recolector no almacenará el aceite en su totalidad.

### **3.2.2 Cuarto de control**

Los cuartos de control deben ser diseñados y construidos con materiales especiales que retarden las llamas. Si se construye con materiales combustibles existe el riesgo de que se propague el incendio en el interior del cuarto. El material a usarse para la construcción del cuarto de control en la Subestación de la UCSG será de hormigón armado, así se impedirá la propagación de un posible incendio dentro y fuera de la misma.

### **3.2.3 Cuarto de baterías**

Las baterías desprenden un nivel de gas de hidrógeno por lo que el cuarto se lo dimensionará para impedir la concentración de hidrógeno. En la memoria técnica de la subestación de 69 KV de la UCSG se indicarán las directrices del fabricante de las baterías para su cálculo. En este cuarto es imprescindible que haya un letrero que diga “No fumar” por los niveles de hidrógeno que existirán.

### **3.2.4 Sistema de detección y alarma**

Para el transformador el sistema de detección que se va a utilizar es un sensor lineal de temperatura también llamado Protectorwire. El cuarto de control contará con detectores de humo. Se deberá instalar interruptores para apagar la alarma de la subestación y parada de emergencia de la subestación. En el cuarto de baterías se instalarán detectores de atmósfera explosiva. Toda señal captada será convergida hacia una central de alarmas, la cual activará una alarma que estarán dentro y fuera del cuarto de control y serán acústicas-luminosas y remotas por medio del sistema SCADA (si este existe) y comandar los sistemas automáticos de extinción contra incendios en el patio de maniobras.

Cálculo del factor K del cable térmico:

150°C Temperatura del Transformador de 7.5 MVA en caso de incendio

40°C Temperatura de Guayaquil

$40 + 150 = 190^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{Cable Térmico K } 200^{\circ}\text{C}$

### 3.2.5 Cables

Según la norma (IEEE 383, 2003) los cables que van a ser instalados en las zanjas o trincheras de un equipo a otro, deben ser cables anti-flama, con el objetivo de impedir que extienda el fuego a través del cable.

Se recomienda que los cables sean pintados con elastómero de base acuosa (**THERMALASTIC 83c**), obteniendo un espesor de 1.6mm para lograr una mayor resistencia al fuego y evitar la propagación de la llama. En el caso de los pases de cables se los sellará utilizando un panel de fibra mineral compactada (**FIRE STOP – PANEL 310**) y al final se la cubre con la pintura ignífuga.

Datos Técnicos de Thermalastic 83 C	
Color	Blanco
Densidad	Aprox. 1,44 g/cm <sup>3</sup>
Espesor seco recomendado	1,6 mm (1/16 in.)
Temperatura de aplicación	5°C a 40°C (41°F to 104°F)
Punto de inflamación (Pensky - Martens Closed Cup)	Ninguno
Características de quemado de la superficie ASTM E84	Flame Spread: 10
	Smoke Development: 35
	Fuel Contribution: 0
Choque térmico	Tras 7 ciclos de congelamiento y descongelamiento, de 24 horas cada uno, desde 71°C (160°F) hasta -40°C (-40°F), las muestras mantuvieron su apariencia original.
Inmersión en agua salada	Treinta ciclos de 8 horas, siendo inmersa en agua salada a 60°C (150°F) y 16 horas de secado. La Muestra no mostró deterioro

Figura 3.2 Datos técnicos de Thermalastic 83 C

Fuente: FIRE-STOP SYSTEMS USA, 2013

### 3.2.5.1 Instalación de corta fuegos

Para una seguridad mayor los conductores de control se les aplicarán un cortafuego aproximadamente cada 3 metros y en los cruces de las bandejas de conductores, se aplicará una longitud de 1 metro de pintura intumescente la cual, al entrar en contacto con el fuego, se hincha y se carboniza, formando una barrera aislante logrando una resistencia al fuego por 90 minutos, a los dos lados del pasamuros incluyendo los pasos verticales también se le aplica 1 metro de pintura intumescente. Para los cables de potencia se los pinta totalmente para su resistencia al fuego por 90 minutos. (IEEE 979, 2011)

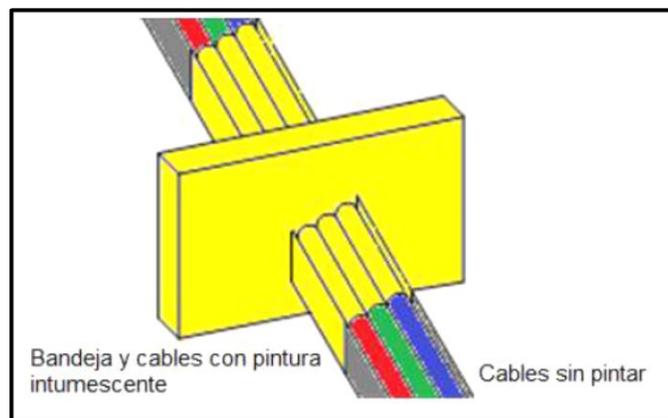


Figura 3.3 Colocación de cortafuegos en bandeja de cables  
Fuente: (IEEE 979, 2011)

### 3.2.6 Plan de emergencia

Al instalar un sistema de protección contra incendios (detección, extinción, berreras, etc.) no garantiza una protección contra incendios en su totalidad a no ser que se tome en cuenta el factor humano. Los sistemas, los equipos deben estar agregados en un plan de emergencia para que el personal que se encuentre en la subestación de la UCSG que responda a una emergencia por incendio tenga conocimiento de sus responsabilidades.

El plan de emergencia debe tomar en cuenta como mínimo las emergencias posibles que pueden generarse en la subestación en caso de un incendio. La subestación tiene la particularidad de que se encuentra dentro de

una institución educativa, donde un incendio no combatido apropiadamente podría generar una mala imagen a la UCSG; además con la interrupción del servicio.

Los mínimos parámetros que se deben cubrir para el plan de emergencia son:

- Definir cómo se reportará la emergencia, ¿Cómo? ¿A quién? ¿Dónde? ¿Cuándo?
- Procedimientos que se van a seguir por el personal de la Subestación de la UCSG que deberá actuar ante la emergencia.
- Instrucciones a seguir para alarmar e involucrar al cuerpo de bomberos municipales u otras instituciones de ser necesario.
- Especificar quienes serán los delegados de coordinar las actividades de apoyo al cuerpo de bomberos u otras instituciones.
- Plan de instrucciones previo y durante la implementación del plan.

### **3.2.7 Salidas de emergencias**

En el cuarto de control habrá una puerta no menos de 61 cm de ancho y 1,98 metros de largo, que conecta directo con el exterior de la subestación, con el fin de evitar la entrada a la zona donde ubican los equipos de la subestación. Será la única puerta habilitada cuando la subestación este trabajando normalmente, en caso de ingreso o retiro de equipos o mantenimiento de la misma se habilitará la puerta principal la cual es accesible desde el patio de la subestación. En caso de emergencia esta puerta estará cerrada.

Esta puerta deberá tener un letrero luminoso con la palabra “SALIDA” ubicada encima de la puerta y que se pueda ver por todo el cuarto de control. (NFPA 70, 2017)

### 3.2.8 Extintores

De acuerdo a la norma (IEEE 979, 2011) se empotrarán 2 extintores de agente de extinción CO<sub>2</sub>, uno en el cuarto de baterías y otro al lado de la puerta de entrada del cuarto de control. Los extintores serán de 10 o 20 libras cada uno y tendrá su letrero que indique que es de clase C. Cada extintor tendrá su seguridad para que no se lo emplee indebidamente.

### 3.2.9 Teléfonos

Se instalará un teléfono al lado de una lista de números telefónicos de emergencia, en orden que se deberán realizar en caso de un incendio, debe estar en un área visible para el operador. La lista de números deberá estar prefijada por el nombre de UCSG, la dirección y el número telefónico. Se recomienda que el operador tenga un celular cargado, con plan telefónico y con marcación rápida del cuerpo de bomberos y la lista emergente.

### 3.2.10 Señalización

Siguiendo las normas internacionales y del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, en la subestación de la UCSG se utilizarán señaléticas que se muestran a continuación:



Figura 3.4 Señalización de Seguridad, contra incendios y de información  
Fuente: Prevención de Riesgos en Secretariado, 2007

### 3.3 CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

#### 3.3.1 Cálculos hidráulicos para Equipos de Extinción en el Transformador

La parte de cálculos hidráulicos corresponde a los estudios realizados en cuanto a las normativas de la NFPA para permitir la selección de los equipos para su eficiente operación y mantenimiento. Para la instalación y mantenimiento de este sistema de protección contra incendios se deberá contar con un departamento especializado.

##### 3.3.1.1 Rociadores

Se tomarán en cuenta las recomendaciones que están estipuladas en la norma (NFPA 15, 2012) en el capítulo 7 que detalla sobre la protección de transformadores. En la norma indica que es necesario que exista un choque entre el agua pulverizada y las superficies exteriores expuestas del transformador, incluyendo la parte inferior y se lo hará por medio de boquillas especialmente dirigidas para enfriar en área bajo la proyección del transformador. Los paneles del transformador serán considerados las principales áreas expuestas a tratar ya que por los paneles se permite la circulación del aceite dieléctrico y el enfriamiento por medio de aire forzado. Por esta razón las boquillas de agua pulverizada estarán dirigidas a los paneles para ayudar al enfriamiento del transformador.

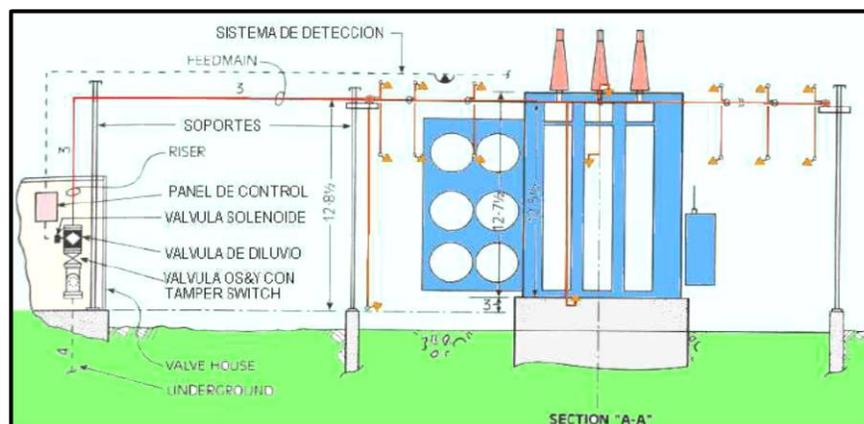


Figura 3.5 Vista seccional de un sistema de extinción por aspersión al transformador  
Fuente: MPI Sistema contra incendios, 1998

Para su aplicación nos basaremos que la precipitación del agua no debe ser menor a  $0.25 \text{ gpm/ft}^2$  [ $10.2 \text{ (L/min/m}^2)$ ] de área proyectada del prisma rectangular que incluye al transformador y accesorios, y tampoco debe ser menor de  $0.15 \text{ gpm/ft}^2$  [ $6.1 \text{ (L/min/m}^2)$ ] sobre el suelo que no es absorbente de la zona exterior. En el caso del transformador de la subestación de la UCSG se dirigirán las boquillas al panel del transformador que es la herramienta propia de enfriamiento. Para la disposición de las tuberías donde pasará el agua pulverizada no deberá dirigirse a través de la parte de arriba del tanque o por la parte delantera del armario de transformador. Las boquillas se las dirigirá de tal manera que el agua pulverizada no envuelva los pararrayos o los terminales energizados por un impacto directo, hay casos donde el fabricante permite que el agua pueda impactar a los bushings energizados sin ningún problema. Para el transformador de la subestación de la UCSG no es recomendable por distancias de seguridad. Para el diseño se calculará la cantidad necesaria de agua para realizar un enfriamiento apropiado, se tomará en cuenta el volumen que abarca los paneles del transformador.

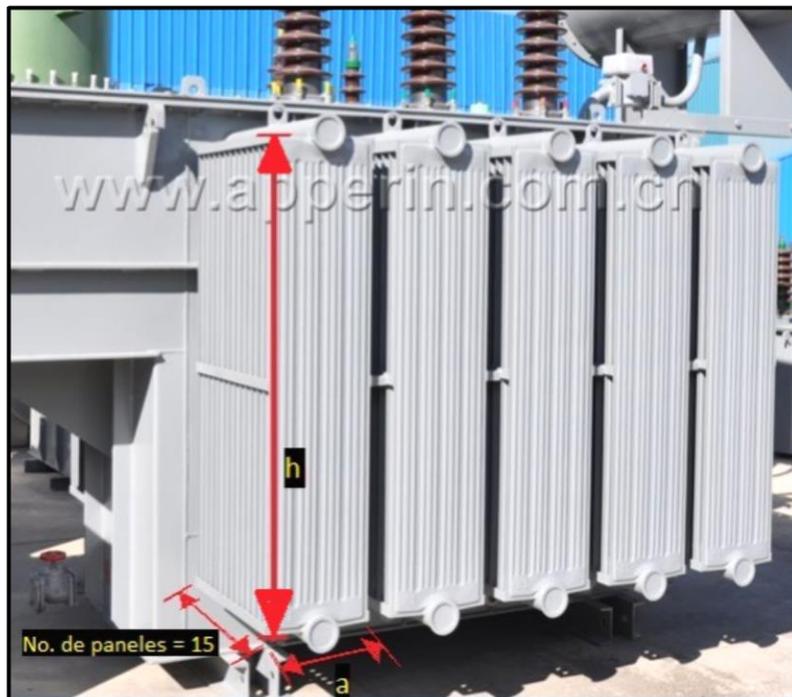


Figura 3.6 Medición de paneles del transformador de 7.5mva  
Elaborado por: Autor

Según la gráfica:

$$h = 2.70 \text{ [m]} \text{ (Altura de los paneles)}$$

$$a = 0.45 \text{ [m]} \text{ (Ancho de cada sistema de paneles)}$$

No. Paneles = 15 [und] (Número de paneles por cada sistema de paneles)

$$\text{No. Sistema de paneles} = 5$$

$$A \frac{c}{\text{panel}} = (0.45 * 2.70) \text{ [m]} = 1.215 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A \frac{c}{\text{sistema de paneles}} = 15 * 1.215 \text{ [m}^2\text{]} = 18.225 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$A_{\text{paneles}} = 18.225 * 5 = 91.125 \text{ [m}^2\text{]}$$

De acuerdo a los resultados en área total que se va a cubrir con el agente de agua pulverizada será de 91.125 [m<sup>2</sup>] que significa la superficie total a enfriar.

Aplicando la respectiva normativa como mínimo:

El agua que se va a aplicar no será menor de una tasa neta de 0.25 gpm/pie<sup>2</sup> [10.2 (L/min/m<sup>2</sup>)] de la superficie proyectada que cubre el transformador con sus partes. Para nuestro caso la zona que se va a rociar son los paneles por lo que se usará el factor: 5.1 Lpm/m<sup>2</sup>.

$$A_{\text{paneles}} = 18.225 * 5 = 91.125 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\frac{5.1 \text{ lpm}}{\text{[m}^2\text{]}} * 91.125 \text{ [m}^2\text{]} = 464.7375 \text{ lpm} \leftarrow \text{Cantidad de agua sobre todos los paneles.}$$

Para el proyecto se usarán boquillas de aspersion para el transformador, de acuerdo a la norma (NRF-016, 2010) se usarán de tipo tobera abierta, de cono lleno y de proyección de alta velocidad para rociar directamente a los paneles listadas por la UL y FM.

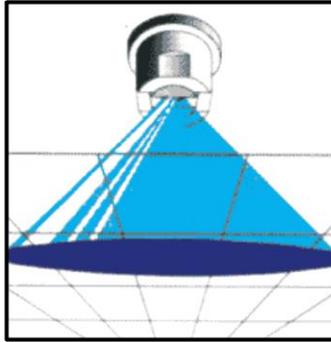


Figura 3.7 Boquilla de aspersión de cono lleno y tobera abierta  
Fuente: SNP (The Spray Nozzle People), 2001

El número de boquillas aspersoras para el transformador de poder serán de 16 boquillas, para los paneles y tanque de reserva.

Según la norma (NFPA 15, 2012) capítulo 8, cada una de ellas operarán con una presión mínima de 20 psi. De acuerdo a ese valor la presión total a suministrar a todo el sistema será de 60 psi, con un caudal total de 150 gpm. Se instalarán rociadores tipo montante, serán de temperatura intermedia ya que la temperatura donde van a estar instalados será superior a los 50°C.

De acuerdo a los datos calculados, se determinará la línea principal de alimentación para el sistema hidráulico utilizando la tabla de la (NFPA 15, 2012) en el capítulo 10.

Tabla 3.2 Flujos requeridos según las pulgadas de la tubería

<b>Tabla 10.2.1 Flujo requerido para producir una velocidad de 3 m/segundo (10 pies/seg.) en tuberías</b>			
<b>Tamaño de tubería</b>		<b>Flujo</b>	
<b>pulgadas</b>	<b>mm</b>	<b>gpm</b>	<b>min</b>
4	100	390	1,476
6	150	880	3,331
8	200	1,560	5,905
10	250	2,440	9,235
12	300	3,520	13,323

Fuente: (NFPA 15, 2012)

De acuerdo con la tabla, el tamaño de la tubería de línea de abastecimiento será de 4 pulgadas, con un diámetro interno de 4.026 pulgadas

Para la implementación es necesario utilizar las siguientes fórmulas para el dimensionamiento de las tuberías que conectarán con cada rociador.

- Fórmula de pérdidas por fricción en la tubería (Hazen y Williams)

$$P_m = 6.05 * \frac{Q_m^{1.85}}{C^{1.85} d_m^{4.87}} * 10^5$$

Donde:

$P_m$  = Resistencia a la fricción por metro de tubería (Bares)

$Q_m$  = Flujo en L/min

$d_m$  = Diámetro interno de la tubería (pulgadas)

$C$  = Coeficiente de pérdida por fricción

- Fórmula de presión de velocidad

$$P_v = \frac{0.001123Q^2}{D^4}$$

Donde:

$P_v$  = Presión de velocidad (psi)

$Q$  = Flujo (gpm)

$D$  = Diámetro interno (pulgadas)

- Fórmula de presión normal

$$P_n = P_t - P_v$$

Donde:

$P_n =$  Presión normal en psi (Bares)

$P_t =$  Presión total en psi (Bares)

$P_v =$  Presión de velocidad en psi (Bares)

- Fórmula de puntos de conexión hidráulica (No aplica para curvas)

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$$

- Fórmula para descarga de boquillas

$$Q_m = K_m \sqrt{P_m}$$

Donde:

$K_m =$  Factor K del rociador (bares) donde  $K_m$  equivale a 14.4 K

$Q_m =$  Flujo en L/min

$P_m =$  Presión total (bares)

A continuación en la tabla 3.3 se mostrará los factores C para multiplicarse en la ecuación de Hazen y Williams:

Tabla 3.3 Multiplicador dependiendo del Valor C

Valor C	Factor multiplicador
100	0.713
120	1.00
130	1.16
140	1.33
150	1.51

Notas:

- (1) Esto está basado en la pérdida por fricción a través de los accesorios independientes del factor C aplicable a la tubería.
- (2) Los valores de pérdida específica por fricción o equivalencia en longitudes de tubería para válvulas de alarma, válvulas de tubería seca, válvulas de inundación, tamices, disponibles y otros dispositivos o accesorios deben estar a disposición de la autoridad competente.

Fuente: (NFPA 15, 2012) capítulo 8

Para determinar el factor K se necesita la presión de cada rociador y el caudal de cada una.

$$K_m = \frac{Q_m}{\sqrt{P_m}}$$

$$K_m = \frac{167.3}{\sqrt{8.27}}$$

$$K_m = 58.17 \text{ bares}$$

A continuación, en la figura 3.8 se muestra un sistema contra incendios automático con aspersores con agua pulverizada:



Figura 3.8 Rociadores en un sistema automático contra incendios

Fuente: (IMSE, 2016)

### 3.3.1.1.1 Materiales

Todos los rociadores deben poseer el certificado de UL y el consentimiento de FM Global. Los rociadores deberán poseer estas características:

- Cuerpo y Botón Latón
- Deflector de cobre
- Gancho y Soporte
- Sello de Níquel de berilio con teflón
- Tornillo de acero inoxidable

### 3.3.1.2 Tuberías

Las tuberías que se utilizan en los sistemas hidráulicos de los sistemas contra incendios se sujetan a las normas (NFPA 15, 2012). Con los datos anteriores se podrá escoger los rociadores y tubería adecuada de alimentación. De acuerdo a la subestación de 69 KV de la UCSG se sugerirá que el diámetro de las tuberías que llegan a cada boquilla sea de 1" y para la alimentación de todo el sistema de boquillas sea de 2 1/2".

A continuación, se muestra la tabla 3.4 de la (NFPA 13, 2016) con los diámetros internos de las tuberías:

Tabla 3.4 Diámetros internos de tuberías de cédula 40

Diámetro nominal de tubería				Cédula 40	
Diámetro exterior		Diámetro interior			
Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm
1/2	15	0.840	21.3	0.622	15.8
3/4	20	1.050	26.7	0.824	20.9
1	25	1.315	33.4	1.049	26.6
1-1/4	32	1.600	40.6	1.380	35.1
1-1/2	40	1.900	48.3	1.610	40.9
2	50	2.375	60.3	2.067	52.5
2-1/2	65	2.875	73.0	2.469	62.7
3	80	3.500	88.9	3.068	77.9
3-1/2	90	4.000	101.6	3.548	90.1
4	100	4.500	114.3	4.026	102.3
5	125	5.563	141.3	5.047	128.2
6	150	6.625	168.3	6.065	154.1
8	200	8.625	219.1	7.981	202.7
10	250	10.750	273.1	10.200	259.1
12	300	12.750	323.9	11.938	303.2

Fuente: (NFPA 13, 2016) capítulo 3

A continuación, en la tabla 3.5 se detallarán las especificaciones técnicas para el diseño de las tuberías del sistema contra incendios:

Tabla 3.5 Especificaciones para tuberías de acuerdo a su diámetro

	Tubos de diámetro de 1" a 2 1/2"	Tubos de diámetro mayor a 2 1/2"
<b>Material</b>	Acero Negro	Acero Negro
<b>Especificaciones</b>	ASTM A120 Cédula 40	ASTM A53 Cédula 40

<b>Fabricación</b>	Costura con soldadura por fusión eléctrica (Butt Weld)	Sin costura
<b>Presión de Trabajo</b>	100 psi para agua	100 psi para agua

Elaborado por: Autor.

Para este proyecto se utilizarán uniones en el sistema de tuberías y a continuación se las detallarán para cada uno de sus diámetros

Tabla 3.6 Especificaciones de uniones para tuberías de acuerdo a su diámetro

	<b>Uniones</b>	
	<b>Diámetro nominal de 1" a 2 1/2"</b>	<b>Diámetro nominal mayor a 2 1/2"</b>
<b>Material</b>	Hierro maleable negro	Hierro fundido
<b>Especificaciones</b>	ASTM A197	ASTM
<b>Presión de trabajo</b>	100 psi para agua	100 psi para agua
<b>Tipo de junta</b>	Acople roscado	Ranurada Victaulic o similar
<b>Tipo de rosca</b>	Standard americana NPT	Standard americana NPT
		<b>Tipo:</b> Victaulic Firelock #005 UL/FM

Elaborado por: Autor.

Para uniones antisísmicas el material a usarse será de hierro fundido de tipo Victaulic UL/FM o similares, trabajan a una presión de trabajo de 100 psi para agua y el tipo de juntan se recomienda que sea Ranurada Victaulic o similares.

### 3.3.1.2.1 Accesorios

En el diseño es este proyecto se utilizarán el número de accesorios como son: codos, T, Y, reducciones, empaques y válvulas. Para el dimensionamiento

de accesorios nos basaremos en la tabla 3.7 que se la ha tomado de la norma (NFPA 15, 2012) capítulo 8.

A continuación, en la tabla 3.7 se mostrará la tabla donde muestran las medidas de válvulas y codos de acuerdo a sus pulgadas.

Tabla 3.7 Carta de equivalencias de longitudes de tubería

Tabla 8.5.2.1 Carta de equivalencias de longitudes de tubería.														
Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes (m)													
	¾ pulg.		1 pulg.		1½ pulg.		1½ pulg.		2 pulg.		2½ pulg.		3 pulg.	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
Codos de 45°	1	0.3	1	0.3	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	3	0.9
Codo estándar de 90°	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8	7	2.1
Codo de vuelta larga 90°	1	0.3	2	0.6	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5
Te o cruz (Flujo a 90°)	4	1.2	5	1.5	6	1.8	8	2.4	10	3.1	12	3.7	15	4.6
Válvula de compuerta	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	1	0.3	1	0.3
Válvula mariposa	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1.8	7	2.1	10	3.1
Válvula de retención	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	15	3.4	14	4.3	16	4.9
Accesorios y válvulas	Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes (m)													
	3½ pulg.		4 pulg.		5 pulg.		6 pulg.		8 pulg.		10 pulg.		12 pulg.	
	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m	pies	m
Codos de 45°	3	0.9	4	1.2	5	1.5	7	2.1	9	2.7	15	3.4	13	4.0
Codo estándar de 90°	8	2.4	10	3.1	12	3.7	14	4.3	18	5.5	22	6.7	27	8.2
Codo de vuelta larga 90°	5	1.5	6	1.8	8	2.4	9	2.7	13	4.0	16	4.9	18	5.5
Te o cruz (Flujo a 90°)	17	5.2	20	6.1	25	7.6	30	9.2	35	10.7	50	15.3	60	18.3
Válvula de compuerta	1	0.3	2	0.6	2	0.6	3	0.9	4	1.2	5	1.5	6	1.8
Válvula mariposa	-	-	12	3.7	9	2.7	10	3.1	12	3.7	19	5.8	21	6.4
Válvula de retención	19	5.8	22	6.7	27	8.2	32	9.8	45	13.7	55	16.8	65	19.8

Fuente: (NFPA 15, 2012) Capítulo 8

Las especificaciones técnicas y características de los accesorios se las detallarán a continuación de acuerdo a su diámetro de tuberías:

Tabla 3.8 Especificaciones técnicas para los accesorios de tuberías de 1" a 2 1/2"

	Para diámetro nominal de 1" a 2 1/2"
<b>Material</b>	Hierro maleable
<b>Tipo</b>	Peso estándar
<b>Especificaciones</b>	ASTM A197
<b>Presión de trabajo</b>	100 psi para agua

<b>Tipo de junta</b>	Roscado Hembra
<b>Tipo de rosca</b>	Standard americana NPT

Elaborado por: Autor.

Tabla 3.9 Especificaciones técnicas para accesorios de tubería mayores de 2"

<b>Para diámetro nominal mayor a 2"</b>	
<b>Material</b>	Hierro fundido
<b>Tipo</b>	Firelock #001, 002, 003
<b>Presión de trabajo</b>	100 psi para agua
<b>Tipo de junta</b>	Ranurada Victaulic

Elaborado por: Autor.

Tabla 3.10 Especificaciones técnicas de salidas de ramal por su diámetro.

<b>Salidas de Ramal</b>		
	<b>Diámetro menor a 2 1/2"</b>	<b>Diámetro mayor a 2 1/2"</b>
<b>Material</b>	Hierro fundido	Hierro fundido
<b>Tipo</b>	Snap-Let # 925	Mechanical-T # 920 & 920N
<b>Presión de trabajo</b>	100 psi para agua	100 psi para agua
<b>Tipo de junta</b>	Empernada Victaulic	Empernada Victaulic

Elaborado por: Autor.

### 3.3.1.2.2 Empaques

Para las uniones roscadas se recomienda utilizar cinta de teflón y pasta sellante si se lo requiere. Si las uniones son ranuradas se recomienda utilizar empaques entregados por el fabricante de las uniones aprobadas UL/FM.

### 3.3.1.2.3 Válvulas

Tabla 3.11 Especificaciones técnicas para válvulas de 1" a 2 1/2" y mayores a 2 1/2"

	Diámetro nominal de 1" a 2 1/2"	Diámetro mayor a 2 1/2"
<b>Clase</b>	150 (150 WSP; 300 WOG)	150 (150 WSP; 300 WOG)
<b>Material</b>	Bronce ASTM B283-C37700	Hierro dúctil
<b>Tipo</b>	Compuerta de cuña separable sólida	Butterfly, mod 705W con apertura y cierre en más de 8 segundos o similar
<b>Tipo de junta</b>	Roscada hembra	Ranuradas Victaulic
<b>Casquete o bonete</b>	Roscado	Empernada
<b>Presión de trabajo</b>	90 psi para agua	100 psi para agua

Elaborado por: Autor.



Figura 3.9 Válvula mariposa de un SCI  
Fuente: Industrias Especializadas Oliva, 2012

### 3.3.1.2.4 Válvulas de contraflujo o "Check"

Tabla 3.12 Especificaciones técnicas para válvulas de contraflujo o "Check"

	Diámetro nominal de 1" a 2 1/2"	Diámetro nominal mayor a 2 1/2"
<b>Clase</b>	150 (150 WSP; 300 WOG)	150 (150 WSP; 300 WOG)
<b>Material</b>	Bronce ASTM B584-C84400	Hierro dúctil
<b>Tipo</b>	Compuerta de disco balanceante	Compuerta de disco balanceante y resorte
<b>Tipo de junta</b>	Roscada hembra	Ranuradas Victaulic # 717R o similar
<b>Tapa</b>	Roscada	Empernada
<b>Presión de trabajo</b>	90 psi para agua (225 psi prueba)	100 psi para agua

Elaborado por: Autor.

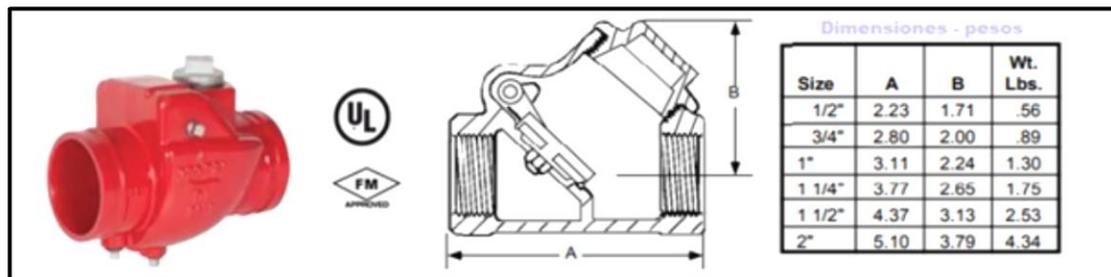


Figura 3.10 Válvula Check de un Sistema contra incendios

Fuente: Industrias especializadas Oliva, 2012

### 3.3.1.3 Bombas para el sistema contra incendios

Las bombas en los sistemas contra incendios deben cumplir con algunos requerimientos en general para su uso:

Las bombas contra incendios deben ser de tipo horizontal o vertical y de carcasa partida de succión positiva, su construcción deberá ser concretamente para actuar en sistemas contra incendios y su diseño será para que opere en serie. La bomba que se va a diseñar cumplirá con todos los requerimientos de la norma (NFPA 20, 2007).

La fabricación de la bomba será de acero altamente resistente a choques térmicos o impactos para evitar cualquier daño o falla de operación. La descarga y la succión de agua tendrán bridas de acople y su fabricación estará de acuerdo a las dimensiones de ANSI (American National Standards Institute). El eje de transmisión estará montado sobre una brida que es reborde circular en el extremo de los tubos de metal que sirve para ajustarlos unos con otros y su fabricación estará sujeta a las normas NEMA 1. Una de las características será que tendrá una tapa de inspección para un buen mantenimiento del sello. Se hará un registro que será ajustable en la columna de descarga cuya función es tener una alineación adecuada. Para mejorar la vida útil de la bomba se recomienda hacer una base que servirá de soporte para la cabeza de descarga y rodamiento reducirá la carga que tendrá la válvula de estrangulamiento que disminuye la sección del conducto.

Para hallar el caudal de la bomba y a que presión trabajará se realizó los cálculos de pérdidas de presión:

- Por cada Unión Reductora se pierden 15 psi
- Por cada T se pierde 6 psi
- por cada Codo de 45° o 90° se pierden 3 psi

En el diseño del sistema contra incendios de la subestación de 69KV de la UCSG se calcularon:

- 30 psi de pérdida de presión en las tuberías
- 100 psi en el Gabinete del SCI

Rociadores:

$$16 \text{ rociadores} * 0.15(\text{Factor de pérdida}) = 2.4 \text{ gpm}/\text{m}^2$$

$$0.40 * 16 = 6.4 \text{ psi} \rightarrow \text{Total de pérdidas de rociadores}$$

Transformador:

$$2.50 * 2.60 = 6.5 \text{ m}$$

$$6.5 * 0.40 = 2.6 \text{ gpm}$$

La suma total:

$$30 + 100 + 6.4 + 2.6 = 139 \text{ gpm} \rightarrow \text{Bomba de 150 gpm y de 60 psi}$$

### 3.3.1.3.1 Suministro de agua (cisterna)

El suministro de agua se considera parte fundamental del sistema contra incendio. En este diseño nos basaremos en las normas de la NFPA 15, capítulo 9 donde detalla que:

- Las reservas de agua deberán ser confiables y que sean capaces de suministrar un flujo y presión demandados durante el tiempo de trabajo y que sea confiable.
- Se diseñará la cisterna para que abastezca totalmente la tasa de flujo cuando ocurra un incendio.

La reserva o suministro de agua para la subestación de 69KV de la UCSG se la analizó acorde al riesgo y a las exigencias mínimas del benemérito cuerpo de bomberos que son 20 m<sup>3</sup>.

$$1 \text{ m}^3 = 264 \text{ Galones}$$

$$20 \text{ m}^3 = 5280 \text{ Galones}$$

Caudal de la bomba elegida = 150 gpm

Presión = 60 psi

Funcionamiento: Eléctrica

Elemento adicional: Bomba auxiliar Jockey de **18 gpm y 110 psi 2 hp**

La autonomía del agua en caso de incendio se la calcula tomando la capacidad del suministro de agua dividido por el caudal de la bomba que se ha seleccionado.

$$\text{Autonomía} = \frac{\text{Reserva de agua}}{\text{Caudal de la bomba}} \left( \frac{gl}{m} \right)$$

$$\text{Autonomía} = \frac{5280}{150} = 35.2 \text{ min}$$

Para hallar las dimensiones de la cisterna se realizó el siguiente cálculo:

$$150gpm * 30 = 4500 \text{ Galones}$$

$$4500 * 3.78l = 17m^3 \rightarrow \text{Cisterna de } 20 \text{ m}^3$$

### 3.3.1.3.2 Motor Eléctrico

El motor Eléctrico impulsará la bomba de incendios que se ha diseñado, según las normas internacionales este motor trabajará con electricidad y será certificado por la UL y FM, de acuerdo con la altura donde se hará la instalación del sistema se tomará en cuenta la compensación de potencia, se recomienda tener un sistema contra incendios redundante de alimentación eléctrica para el arranque con baterías y que estén conectadas de forma directa e independiente desde los tableros principales.

El motor y la bomba que se instalarán estarán empotrados en una misma base y estarán conectadas una a otra por medio de un acople flexible con protectores. En la instalación se deberá tener muy en cuenta la alineación entre la bomba y el eje del motor ya que debe ser exacta.

El motor a usar para el sistema contra incendios de la subestación de la UCSG será un motor eléctrico marca Siemens de **3600 gpm de 10 HP**.



Figura 3.11 Motor a eléctrico para un SCI  
Fuente: AquaJaker, 2017

### 3.3.1.3.3 Accesorios

Todos los accesorios que estarán ubicados a la descarga de la bomba deberán estar clasificados para una presión ANSI 125. Los accesorios deberán seguir las siguientes normas (NFPA 20, 2007) (Instalacion de Bombas Estacionarias de Proteccion contra incendios):

Tabla 3.13 Lista de accesorios necesarios según las Normas de NFPA 20

<b>Accesorios según la norma NFPA 20</b>
- Reductor concéntrico a la descarga
- Válvula de prueba para manguera
- Válvula de manguera con tapas y cadenas
- Válvula de seguridad
- Válvula de drenaje
- Manómetro a la succión y a la descarga
- Válvulas Check
- Válvulas de mariposa Firelock Victaulic mod 705 o similar
- Medidor de flujo de agua tipo Venturi (certificado para pruebas de caudal)
- La campana de succión, la carcasa intermedia y la descarga serán construidas para obtener la máxima eficiencia de la bomba

Fuente: (NFPA 20, 2007)

Se instalará un Tablero de Monitoreo Remoto (se recomienda la marca “Mejorada” modelo INSPECTOR), este tablero garantiza el funcionamiento del equipo de bombeo contra incendios mediante el monitoreo las 24 horas durante todos los días del año. Adicional a este sistema se debe considerar la instalación de un tanque de reserva de agua exclusivamente para el uso del cuerpo de bomberos con una capacidad por norma de 20m<sup>3</sup> que es similar al consumo de una manguera de incendios por una hora de trabajo. Este volumen es independiente del sistema automático contra incendios de la subestación. La instalación del tanque deberá estar situado por norma del cuerpo de bomberos a una altura que permita garantizar una presión de 1 kg/cm<sup>2</sup> en el terminal de la mangura más lejana. Por último el tanque deberá tener una válvula de retención con el fin de no permitir reflujos cuando se tenga que inyectar agua por las bocas de impulsión.

#### **3.3.1.4 Componentes de un Sistema contra incendios**

##### **3.3.1.4.1 Banco de Válvulas**

En el banco de válvulas se instalarán estos componentes:

- Válvula Check aprobada por UL/FM
- 1 Válvula Mariposa UL/FM
- 1 Detector de flujo electrónico UL/FM
- 1 línea de Drenaje y Prueba con válvulas

##### **3.3.1.4.2 Válvula Solenoide**

Este componente se lo usa muy a menudo para controlar el flujo de agua. Esta válvula se caracteriza por tener una bobina magnética que cuando pasa corriente, levanta el émbolo que se encuentra dentro. Pueden ser de tipo normalmente abierto o cerrado, al pasar la corriente se abrirá o cerrará según su tipo.

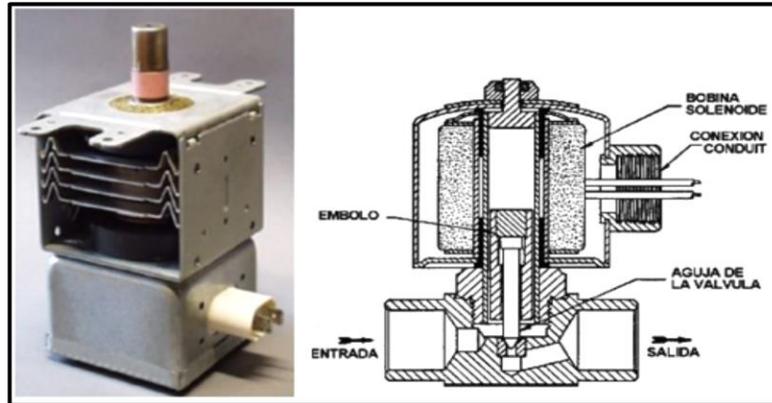


Figura 3.12 Válvula Solenoide  
Fuente: (IMSE, 2016)

#### 3.3.1.4.3 Válvula Drenaje y prueba

Estas válvulas permiten vaciar en tu totalidad la instalación en caso de que sea necesario. Se abren por medio de la conexión de la boquilla de un tubo, el tapón activado por resorte se pone en posición abierta.



Figura 3.13 Válvula de drenaje y prueba  
Fuente: (IMSE, 2016)

#### 3.3.1.4.4 Gabinete contra incendios

El gabinete a implantar deberá cumplir como mínimo la Norma (NFPA 14, 2007) para servicio Clase III. Todos los gabinetes que se instalarán deberán poseer estos equipos:

- Manguera
- Hacha
- Extintor



Figura 3.14 Gabinete contra incendios  
Fuente: Integrados Petra, 2015

#### **3.3.1.4.5 Percha**

Deberá ser metálica para colgar manguera, tendrá un soporte a niple de  $1\frac{1}{2}$ " , con ganchos para mangueras y que se pueda deslizar, con una longitud de 50 hasta 100 pies.

#### **3.3.1.4.6 Manguera**

La manguera deberá estar aprobada por la Asociación Americana de Aseguradores contra Incendios, su material será lino de  $1\frac{1}{2}$ " de diametro y para este proyectoserá de 50 o 75 pies de longitud. La manguera tendra un terminal hembra y rosca NST para el niple y el otro terminal será macho y rosca NST para la boquilla, el material de la boquilla será de bronce de  $1\frac{1}{2}$ " de diámetro tipo chorro-neblina ajustable.

#### **3.3.1.4.7 Accesorios**

- Llave tensora "Spanner" para conexión de  $1\frac{1}{2}$ ".
- Un extintor de polvo químico seco ecológico de 20 lbs de capacidad para fuego ABC.

### 3.3.1.5 Separación eléctrica

De acuerdo a la Norma (NFPA 15, 2012) capítulo 6, las distancias de instalación estarán sujetas al voltaje del transformador, se usará la siguiente tabla para el diseño del sistema:

Tabla 3.14 Espacios libres de equipos de agua hasta componentes eléctricos

	Voltaje nominal del sistema (kV)	Voltaje máximo del sistema (kV)	Diseño BIL (kV)	Separación (pulg)	separación mínima* (mm)
Hasta	13.8	14.5	110	7	178
	23.0	24.3	150	10	254
	34.5	36.5	200	13	330
	46.0	48.3	250	17	432
	69.0	72.5	350	25	635
	115.0	121.0	6650	42	1067
	138.0	145.0	650	50	1270
	161.0	169.0	750	58	1473
	230.0	242.0	900	76	1930
			1050	84	2134
345.0	362.0	1050	84	2134	
		1300	104	2642	
		1500	124	3150	
500.0	550.0	1800	144	3658	
		2050	167	4242	

Nota: Los valores BIL se expresan como kilovoltios (kV), siendo el número el valor de cresta de impulso total de ondas que el equipo está diseñado para soportar. Para los valores BIL que no aparecen listados en la tabla, los espacios pueden definirse por interpolación.

\* Para voltajes hasta 161 kV, las separaciones están tomada de NFPA 70, *National Electrical Code*. Para voltajes de 230 kV y mayores, las separaciones se tomaron de la Tabla 124 de ANSI C2, *National Electrical Safety Code*.

Fuente: (NFPA 15, 2012), capítulo 6

Para nuestro caso en la subestación de la UCSG de 69KV se tendrá una separación libre mínima de 635mm.

### 3.3.2 Cálculos para el Sistema de extinción en el cuarto de control

Para este sistema se utilizará el agente extintor CO<sub>2</sub> con el fin de tener una extinción total a alta presión sin dañar ningún equipo eléctrico o documento que se encuentre en el cuarto de control de la subestación de la UCSG.

#### 3.3.2.1 Especificaciones técnicas generales

- Suministro de energía eléctrica: 120 VAC / 60HZ

- Alimentación desde un UPS que se lo debe instalar en el cuarto de control, si no se usa esa alternativa entonces se deberá hacer uso del banco de baterías, sin influir en la cantidad de energía entregada a los tableros de protecciones.
- Conexión segura a tierra del sistema
- Protecciones: Interruptores termo-magnéticos
- Condiciones para el cableado: Protección contra daños físicos (conducto rígido), contactos herméticamente cerrados y señalización mediante marquillas identificativas.
- Banco de cilindros de CO<sub>2</sub>
- Comunicación entre dispositivos mediante SLC (circuito de línea de señalización)

### **3.3.2.2 Sistema de detección**

Se diseñarán detectores de humo para su instalación en el cuarto de control, los detectores son dispositivos inteligentes los cuales son sensibles de cualquier presencia de partículas producto de una combustión. Se recomienda que el tipo de detector a instalarse sea por efecto fotoeléctrico, ya que posee una celda fotoeléctrica donde la iluminación de un metal que es afectada cuando ocurre un incendio, se genera una corriente mínima. Estos sensores son los más sensibles en caso de incendios.

La ubicación de los detectores según la norma (NFPA 72, 2016) los detectores estarán en el techo a no menos de 4 pulgadas de las paredes laterales como se muestra en la figura:

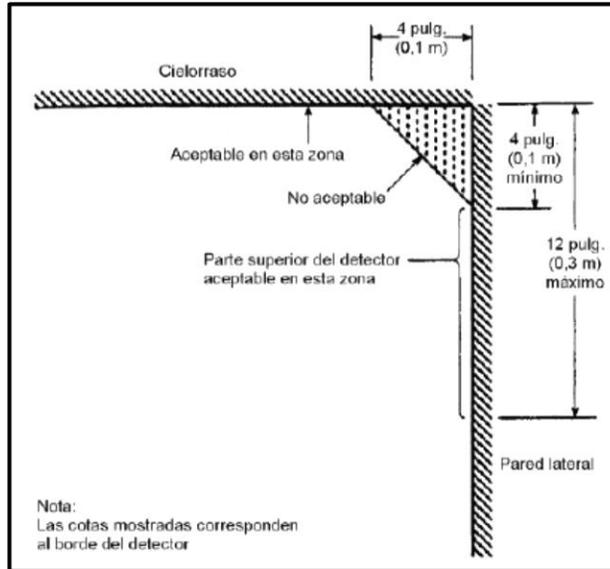


Figura 3.15 Ejemplo de un montaje correcto para los detectores  
Fuente: (NFPA 72, 2016)

Los detectores que se recomiendan a instalar son los NS-Series SLR-24, es un detector Fotoeléctrico de Humo y son aprobados por la UL y FM

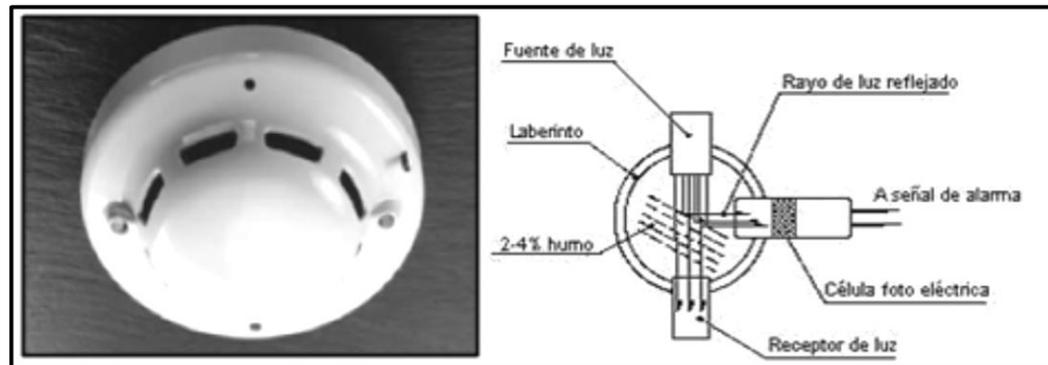


Figura 3.16 Detectores fotoeléctrico de humo  
Fuente: Estructplan online, 2002

De acuerdo con las dimensiones del cuarto de control se diseñarán 2 detectores fotoeléctricos de humo como se ve en la Figura 3.17:

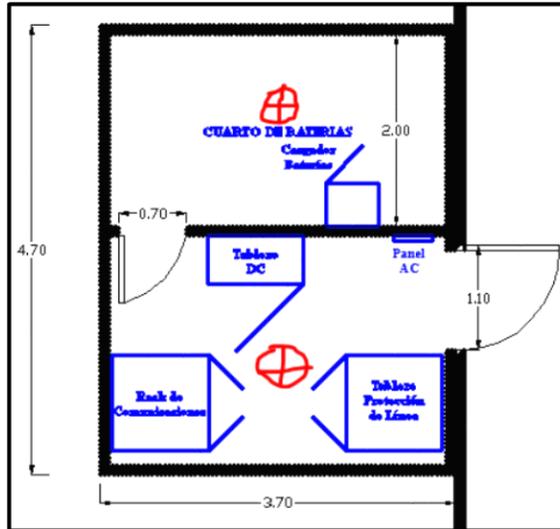


Figura 3.17 Cuarto de control con los detectores de humo  
Elaborado por: Autor.

### 3.3.2.3 Sistema de alarmas

Se acoplará un sistema de comunicación para el usuario tenga una información remota. Por norma se recomienda que en las subestaciones existan indicadores audiovisuales que permitan presentar las alarmas producidas por el sistema de detección de humo. Se recomienda instalar luces estroboscópicas y una sirena general. El panel de control poseerá sus propias luces LED de indicación y alarma sonora.

### 3.3.2.4 Sistema de extinción

Deberá ser de inundación total y alta presión, los cilindros se conectarán mediante una red de tuberías, para que puedan descargarse todas a la vez y sean almacenadas a temperatura ambiente. Los elementos principales serán:

- Válvulas
- Tuberías de distribución
- Batería de botellas de CO<sub>2</sub>
- Colector
- Dispositivos de control
- Boquillas difusoras

Para el cálculo de detectores de acuerdo con la Norma (NFPA 12, 2011), primero determinamos las dimensiones del cuarto de control que son las siguientes:

Largo: 4.70 m Ancho: 3.70 Altura: 3.00

Determinamos el volumen del área del cuarto de control, por lo cual decimos que:

$$V = L * A * H \quad V = 4.70m * 3.70m * 3m = 52.17 m^3$$

Transformamos  $m^3$  a  $pies^3$  por lo cual decimos que:

$$V = 52.17 m^3 * \frac{35.31 \text{ pies}^3}{1m^3} = 1842.12 \text{ pies}^3$$

Determinamos las libras necesarias de  $CO_2$ , el riesgo de nuestro proyecto es eléctrico entonces según la tabla de la (NFPA 12, 2011) el factor de volumen será:

Tabla 3.15 Factor de inundación de acuerdo al riesgo específico.

Concentración de diseño	Factor de Volumen				Riesgo Específico
	Pies <sup>3</sup> / lb Co <sub>2</sub>	m <sup>3</sup> / kg Co <sub>2</sub>	lb Co <sub>2</sub> /pies <sup>3</sup>	kg Co <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	
50	10	0.62	0.100	1.60	Riesgo eléctrico en general espacio de 0 a 56m <sup>3</sup>
50	12	0.75	0.083	1.33	Espacios mayores a 56.6 m <sup>3</sup>
65	8	0.50	0.125	2.00	Almacenamiento de documentos
75	6	0.38	0.166	2.66	Bodegas de almacenamiento de pieles, colectores de polvo

Fuente: (NFPA 12, 2011)

Para determinar las libras necesarias de CO<sub>2</sub> se lo realiza multiplicando el volumen en pies<sup>3</sup> por el factor de Volumen de la tabla 3.15.

$$\text{Libras } CO_2 \text{ Necesarias} = 1842.12 * 0.100 = 184.21$$

Tabla de datos del sistema:

Tabla 3.16 Datos del cuarto de control

Área a proteger	Volumen m <sup>3</sup>	Volumen pies <sup>3</sup>	Factor de volumen	Libras CO <sub>2</sub> NECESARIAS
Cuarto de control	52.17	1842.12	0.100	184.21

Elaborado por: Autor.

El cálculo para hallar el número de cilindros de CO<sub>2</sub> se lo determina dividiendo las libras de CO<sub>2</sub> necesarias entre el peso o volumen de los cilindros de CO<sub>2</sub> que se van a usar en el cuarto de control, se recomienda usar de 100lbs, por cual decimos que:

$$n_o \text{ de cilindros} = \frac{184.21}{100} = 1.84 \rightarrow 2 \text{ Cilindros de } CO_2$$

Para la determinación de las boquillas necesarias para el cuarto de control se sabe que el área de cobertura de una boquilla es de 20m<sup>2</sup> por lo cual decimos que:

$$A = L * A$$

$$A = 4.70 * 3.70 = 17.39m^2$$

$$N_o \text{ de boquillas} = \frac{\text{Area}}{\text{Cobertura Boquilla}}$$

$$N_o \text{ de boquillas} = \frac{17.39}{20} = 0.86 \rightarrow 4 \text{ boquillas, 2 en cada habitación}$$

### 3.3.2.5 Requerimientos de corriente

Se mostrará en la tabla 3.17 la máxima corriente de Standby y de alarma:

Tabla 3.17 Requerimiento de corriente para la SLC

<b>Requerimientos de corriente</b>					
<b>Tipo de dispositivo</b>	<b>Cantidad de dispositivos</b>	<b>Corriente en Standby</b>	<b>Corriente de Standby total para el dispositivo</b>	<b>Corriente de alarma de dispositivos</b>	<b>Corriente de alarma total para el sistema</b>
<b>Detectores de humo fotoeléctricos</b>	2	0.00016	0.00032	1.5	1.5
<b>Luz estroboscópica</b>	1	0.065	0.065	0.065	0.065
<b>Sirena</b>	1	0.55	0.55	0.55	0.55
		<b>Máxima corriente total en Standby</b>	0.61532	<b>Máxima corriente total alarma en</b>	2.115

Elaborado por: Autor.

## **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

Se ha diseñado un sistema de protección contra incendios adecuado a la subestación de 69KV de la UCSG, cumpliendo con todas las normas previamente propuestas. De acuerdo con los objetivos específicos planteados se concluye que:

- El sistema hidráulico de protección contra incendios para la extinción por Diluvio iniciará desde un suministro de agua disponible en forma permanente y continua, un sistema de tuberías adecuadas para transportar agua a presión con rociadores técnicamente ordenadas para una extinción total y eficiente del transformador. En el cuarto de control partirá de cilindros de CO<sub>2</sub> con detectores y rociadores técnicamente ubicados para la extinción.
- Se ha planteado los distintos métodos de protección contra un incendio en el transformador y cuarto de control de acuerdo a las normas nacionales e internacionales, asegurando la integridad física de los equipos y personas dentro de la subestación.
- Se realizó un diseño técnico de la implantación del contra incendios de toda la subestación de 69KV de la UCSG especificando y detallando las dimensiones de los equipos a utilizar y donde estarán ubicados. El diseño se lo detalla en el Anexo 1.
- Analizando todos los equipos a implementar, se ha detallado un presupuesto de un sistema contra incendios para un transformador de potencia de 7,5MVA con precios basados en referenciales de proveedores, este presupuesto se lo especificará en el Anexo 4.

## 4.2 Recomendaciones

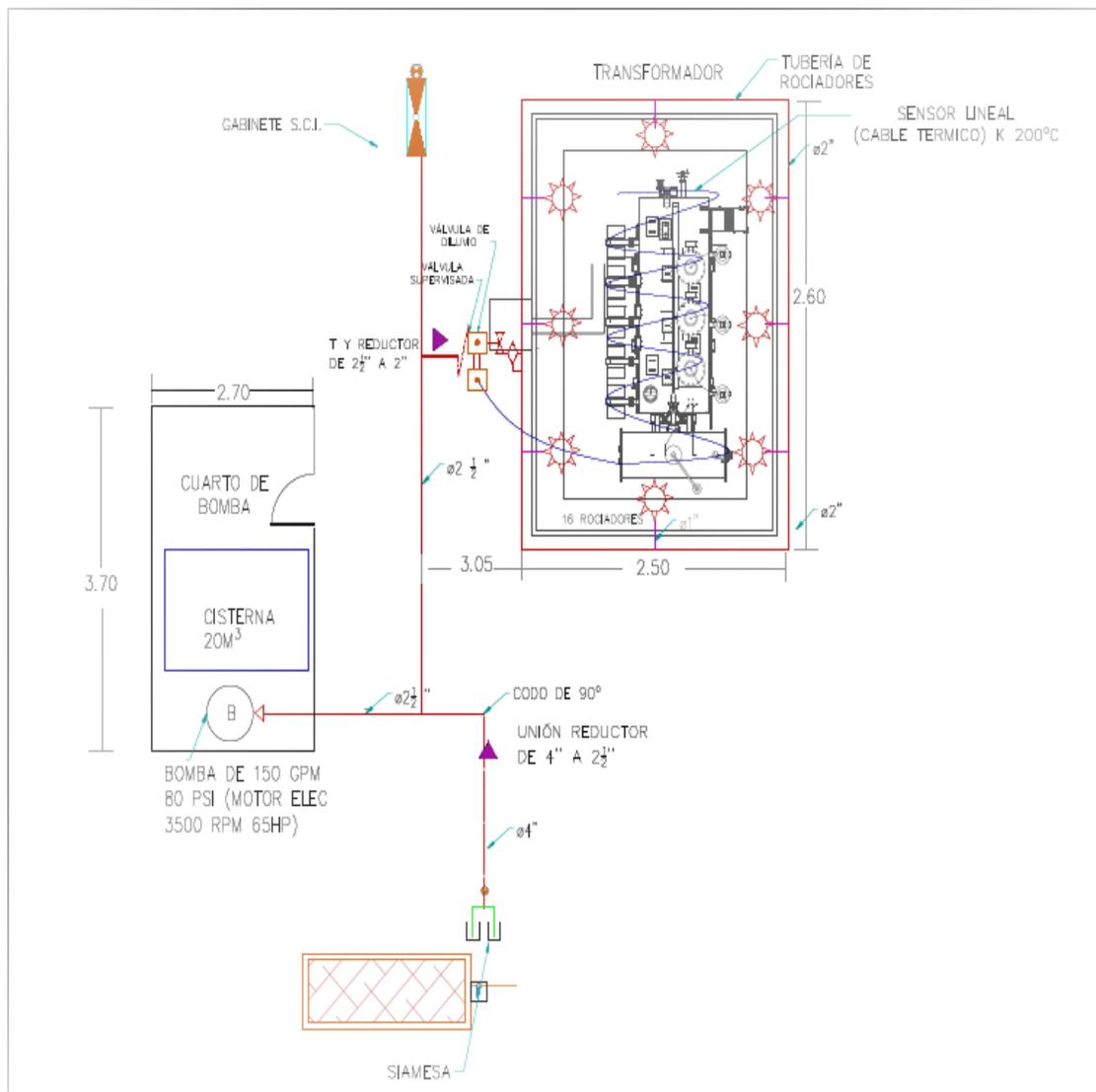
- Todos los equipos y sus componentes deben ser certificados para sistemas contra incendios por su inactividad por meses hasta que se activen por un siniestro deberán operar de la mejor manera evitando la prolongación del incendio.
- Realizar un cronograma de pruebas de los componentes que intervienen en el sistema, estas pruebas servirán para asegurar un buen funcionamiento al momento de un conato de incendio, se recomienda que un personal autorizado realice las pruebas periódicamente dependiendo del componente a probar, en el anexo 4 se detallarán los periodos de prueba.
- Se deberá planificar un mantenimiento preventivo periódicamente del sistema contra incendios con personal capacitado en las reglas NFPA correspondientes.
- Se deberá tomar precauciones si existe un derrame de aceite del transformador de poder, utilizando los métodos de contención y almacenarlo de tal manera de que no represente un riesgo para el ambiente.
- Se recomienda seguir todos los métodos de prevención y protección contra incendios o derrames de aceite del transformador, y realizar la implantación del diseño del trabajo de titulación con personal autorizado por el benemérito cuerpo de bomberos de la ciudad.

## **ANEXOS**

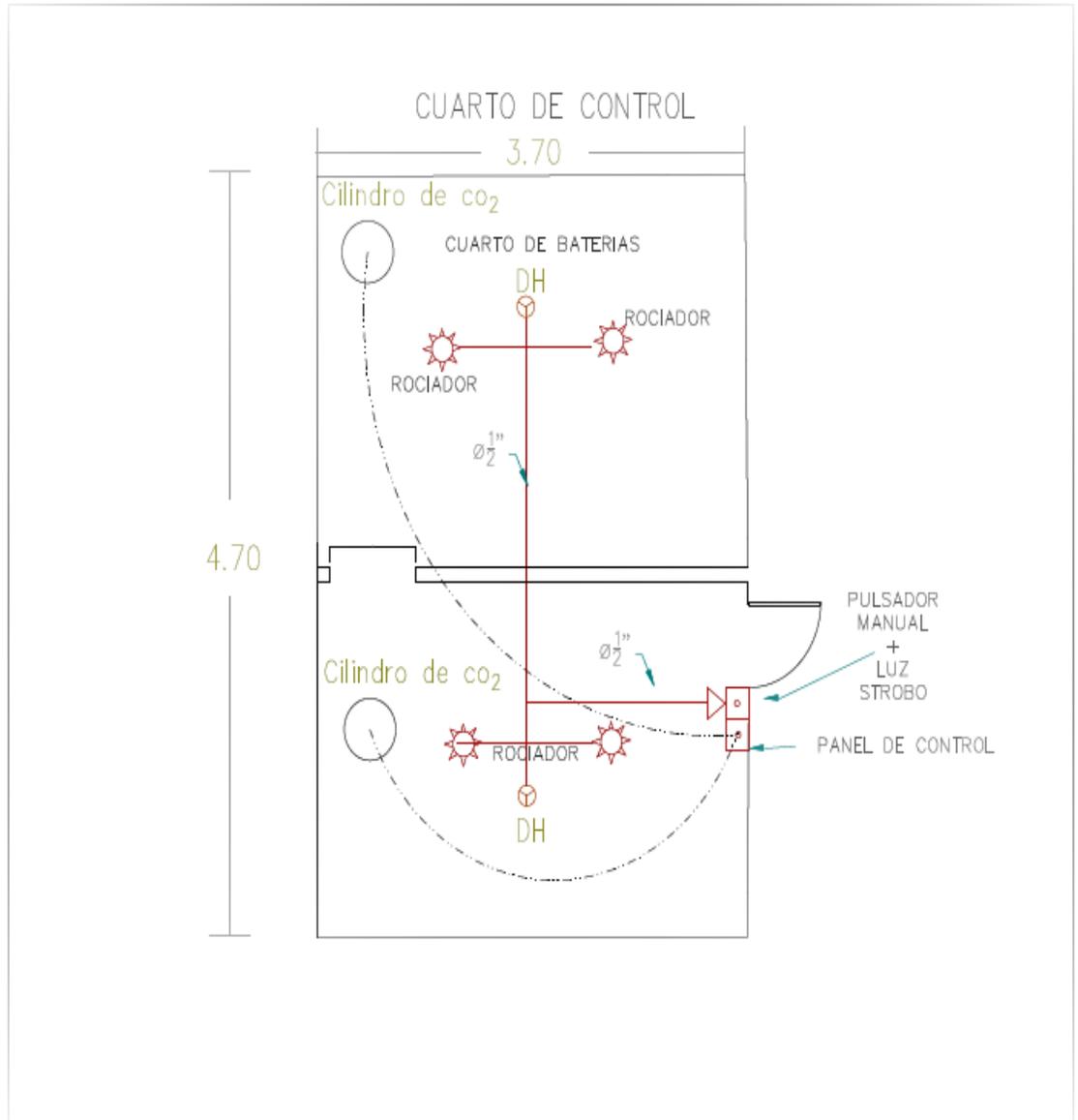
Anexo 1: Plano de implantación del sistema de protección contra incendios para la subestación de 69KV de la UCSG. (El Autor)



Anexo 2: Plano del sistema hidráulico de la subestación de 69KV de la UCSG  
(El Autor)



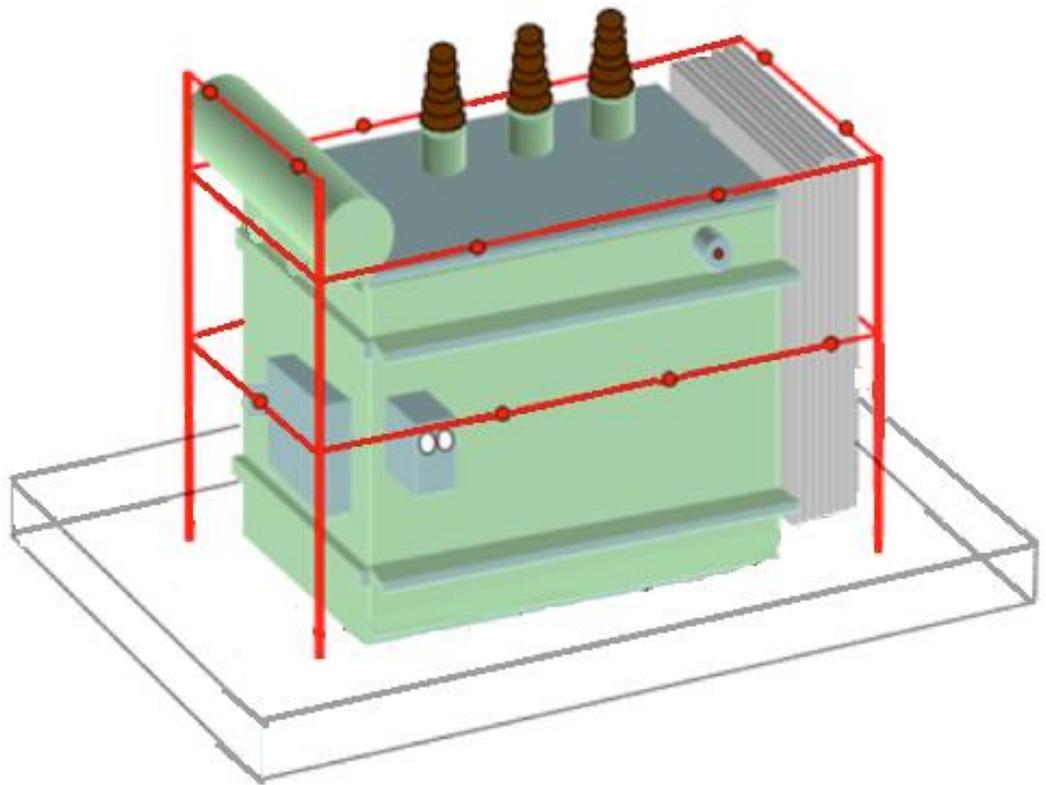
Anexo 3: Plano del sistema contra incendios del cuarto de control de la subestación de 69KV de la UCSG. (El Autor)



Anexo 4: Presupuesto del sistema de protección contra incendios para la subestación de 69KV de la UCSG. (El Autor).

PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS (SCI)					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total	
Bomba de 150 gpm 60 psi y motor eléc. 10hp 3600 rpm	1	Global	13600,00	13600,00	
Bomba Jockey 18 gpm 110 psi					
Tablero de control					
Tubería, válvulas, accesorios					
Instalación	1	Global	1000,00	1000,00	
Cisterna de agua para el SCI					
Construcción taque o cisterna	1		8500,00	8500,00	
Transporte					
Instalacion					
<b>Tuberías y accesorios</b>					
Tuberías de 4" cédula 40	10	mts.	48,00	480,00	
Tuberías de 2" cédula 40	20	mts.	42,00	840,00	
Tuberías de 1" cédula 40	2	mts.	36,00	72,00	
Tee de 2"	7	und.	6,27	43,89	
Codo de 90 de 2"	7	und.	4,90	34,30	
Reductor de 2" a 1"	5	und.	2,51	12,55	
Uniones ranuradas de 2"	10	und.	3,15	31,50	
Tee de 1"	22	und.	3,22	70,84	
Tapón de 1"	2	und.	1,34	2,68	
Uniones ranuradas de 1"	30	und.	2,90	87,00	
Codo de 90 de 1"	6	und.	3,22	19,32	
Válvula de palanca de 1"	2	und.	11,91	23,82	
Siamesa de 2" x 2 1/2" x 2 1/2"	1	und.	190,00	190,00	
Cajinetes contra incendios completo	1	und.	650,00	650,00	
Rociadores montante de K4.5 a 5	16	und.	38,00	608,00	
Válvula de control supervisada de 2"	1	und.	128,65	128,65	
Válvula Check de 2"	1	und.	103,75	103,75	
Sensor de Flujo de 2" 20 gpm	1	und.	149,50	149,50	
Central de cotrol Securipro + software	1	und.	3000,00	3000,00	
Detector lieal de temperatura ADW511	1	und.	620,00	620,00	
Cable protecto wire detector de calor lineal	30	mts.	25,00	750,00	
Luz Estroboscópica	1	und.	35,00	35,00	
Botonera manual	1	und.	22,00	22,00	
Tuerca galvanizada de 0.50	80	und.	1,11	88,80	
Perno galvanizado de 0.50x2	75	und.	1,38	103,50	
Plancha metálica de 25x25x0.75	16	und.	13,88	222,08	
Pintura anticorrosiva	28	Galón	21,66	606,48	
Pintura esmalte roja acrilico pasta selladora	15	Galón	21,66	324,90	
Diluyente	20	Galón	19,45	389,00	
Lija	30	Pliego	4,16	124,80	
Brida soldable de 4	6	und.	20,83	124,98	
Válvula de compuerta de vastago ascendente de 4	2	und.	680,85	1361,70	
Válvula de diluvio UL-FM de 4	1	und.	240,00	240,00	
Monitor de 2 1/2" manual akron brass	1	und.	1750,00	1750,00	
Accesorios varios no contemplados en el listado	1	und.	1000,00	1000,00	
Mano de obra/puesto en marcha/asesoría	1	Global	3000,00	3000,00	
Misceláneos	1	Global	1000,00	1000,00	
Imprevistos (5%)	1	Global	1500,00	1500,00	
Subtotal				42911,04	
IVA 12%				5149,32	
<b>TOTAL</b>				<b>48060,36</b>	

Anexo 5: Disposición de Rociadores en el transformador. (El Autor).



Anexo 6: Frecuencia de inspección, pruebas y mantenimiento del sistema  
diluvio basado en la Norma (NFPA 25, 2002)

Elemento	Actividad	Frecuencia
Accesorios (juntas de goma)	Inspección	Mensual
Accesorios	Inspección	
Accionamiento por vapor	Inspección	
Bombas	Inspección	
Boquillas	Inspección	Mensual
Depósitos de aspiración	Inspección	Según el fabricante
Depósitos de gravedad	Inspección	Mensual
Drenajes	Inspección	
Filtros	Inspección	Según el fabricante
Motores eléctricos	Inspección	
Protección de flujo de retorno	Inspección	
Sistemas de Detección	Inspección	
Soportes de alimentación	Inspección	
Soportes	Inspección	
Tanque presurizado	Inspección	
Temperatura (Recinto de válvula de diluvio)	Inspección	Mensual
Tubería	Inspección	Mensual
Tubería de abastecimiento	Inspección	
Válvula de diluvio	Inspección	
Válvulas de control	Inspección	Mensual (enciavado, supervisión)
Válvulas de retención	Inspección	
Válvulas de control	Inspección	Semanal
Bombas	Mantenimiento	Anual
Depósitos de aspiración	Mantenimiento	Cada 5 años
Depósitos de gravedad	Mantenimiento	Anual
Filtros	Mantenimiento	
Filtros (cesta/pantalla)	Mantenimiento	Cada 5 años
Motores	Mantenimiento	Anual
Sistemas de agua pulverizada	Mantenimiento	
Sistemas de detección	Mantenimiento	
Protección de flujo de retorno	Mantenimiento	
Tanque presurizado	Mantenimiento	
Válvulas de retención	Mantenimiento	
Válvulas de control	Mantenimiento	Anual
Válvulas de diluvio	Mantenimiento	
Accionamiento por vapor	Mantenimiento	

Alarma de flujo de agua	Ensayo de funcionamiento	Trimestral
Bombas	Ensayo de funcionamiento	
Boquillas	Ensayo de funcionamiento	Anual
Depósito de gravedad	Ensayo de funcionamiento	
Depósitos de aspiración	Ensayo de funcionamiento	
Drenaje	Ensayo de funcionamiento	Trimestral
Ensayo sistema agua pulverizada	Ensayo de funcionamiento	Anual
Ensayo de abastecimiento de agua	Ensayo de funcionamiento	
Filtros	Ensayo de funcionamiento	Anual
Limpieza con chorro de agua	Ensayo de funcionamiento	
Motores	Ensayo de funcionamiento	Trimestral
Protección contra flujo de retorno	Ensayo de funcionamiento	Anual
Sistemas de detección	Ensayo de funcionamiento	Trimestral
Tanque presurizado	Ensayo de funcionamiento	Anual
Válvulas de retención	Ensayo de funcionamiento	
Válvulas de diluvio	Ensayo de funcionamiento	Trimestral
Válvulas de control	Ensayo de funcionamiento	
Disparo manual	Ensayo de funcionamiento	Anual
Accionamiento por vapor	Ensayo de funcionamiento	

Fuente: (NFPA 25, 2002)

Anexo 7: Datos del sistema de bombas adecuado para la Subestación de 69KV  
de la UCSG

**Ítem #1:** Una bomba principal operada por motor eléctrico

Condiciones de operación:

Caudal	150 gpm
Presión	60 Psig

Sistema compuesto por:

Bomba principal tipo Carcasa Partida horizontalmente.

Marca XYLEM A-C Pump

Modelo 1580

Tamaño 2.5 x 2.5 x 7F

Conexión bridas ANSI #125Succión y descarga de 2.5"

Acoplado a motor eléctrico de 10 hp, 3600rpm, ODP, 3 fases, 230V, factor de servicio 1.15, arranque suave.

Válvula de alivio en la carcasa

Manómetros de succión y descarga 3.1/2"

**Ítem #2:** Un tablero de control eléctrico, bomba principal

Marca	TORNATECH
Modelo	GPY, arranque suave.
Potencia	10 hp
Voltaje	3~x 60Hz x 220-240V

**Ítem #3:** Sistema de presurización, Bomba Jockey

Marca	XYLEM A-C
Modelo	3SV10FE4F20
Capacidad	18gpm @ 110 Psi

Con motor eléctrico de 3 fases, 2hp, 3450rpm, 230V, arranque directo

Incluye: Válvula de alivio 3/4"

**Ítem #4:** Tablero eléctrico de control para la bomba Jockey

Marca	TORNATECH	Modelo	JP3
-------	-----------	--------	-----

Para arrancar un motor de 2hp, 3x60x220-240V, con temporizador para mínimo período de funcionamiento.

## GLOSARIO

**Accidente:** Suceso o acción que altera el orden normal de las cosas de manera involuntaria y significa daño para las personas o equipos. (RAE, 2001)

**Agente Extintor:** Es la sustancia que se la emplea para combatir y extinguir el fuego según su tipo. (Isastur, 2010)

**Combustión:** Proceso químico de oxidación rápida de una sustancia con aumento de calor y frecuentemente de luz. (ConceptoDefinición, 2015)

**Detectores de incendio:** Es un componente del sistema de detección que, por medio de un sensor de calor, controla un fenómeno físico y/o químico con respecto a un incendio, generando una señal a un equipo de control. (construmática, 2008)

**Emergencia:** Es una serie de suceso anormales que se generan súbita e imprevistamente, que puede producir daños a las personas, equipos y/o al ambiente que exige acción inmediata. (COVENIN 2226, 1990)

**Prevención:** Conocer con anticipación un daño o peligro. (RAE, 2017)

**Riesgo:** Contingencia o aproximación de un daño. (RAE, 2017)

**Rociador:** Es un dispositivo que está conectado a un sistema de tuberías por medio del cual se logra la aspersion del agua o cualquier otro agente. (Expower, 2010)

**Subestación eléctrica:** Es un conjunto de equipos cuya función es transformar, transmitir y distribuir el flujo de energía de un sistema de potencia. (ERenovable, 2014)

**Transformador:** Equipo estático que funciona por inducción electromagnética y que transforma un sistema de corrientes variables en uno o varios sistemas de corrientes variables de la misma frecuencia, pero distinta tensión. (Definición.de, 2008)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFG Security. (2014). *Sistema de agua presurizada contra incendios*. Recuperado el 24 de Enero de 2018, de <http://www.afgsecuritysac.com/sistema-de-agua-presurizada.html>
- Alvarado, W. (2007). *ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS EN TRANSFORMADORES DE ALTA TENSIÓN*. Recuperado el 2 de Enero de 2018, de [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0642\\_EA.pdf](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0642_EA.pdf)
- Avila, A., & Contreras, L. (2006). *Diseño de un sistema de protección contra incendios para las subestaciones electricas ENELVEN*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2017, de <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2601-06-00532.pdf>
- Construmática. (2008). *Cómo funciona el Detector de Incendio*. Recuperado el 14 de Febrero de 2018, de [http://www.construmatica.com/construpedia/C%C3%B3mo\\_Funciona\\_el\\_Detector\\_de\\_Incendio](http://www.construmatica.com/construpedia/C%C3%B3mo_Funciona_el_Detector_de_Incendio)
- COVENIN 1040. (1989). *Extintores portátiles y generalidades*. Recuperado el 10 de diciembre de 2017, de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1040-89.pdf>
- COVENIN 1041. (1999). *Tablero central de detección y alarma de incendios*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2017, de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1041-99.pdf>
- COVENIN 1176. (1980). *Detectores y Generalidades de un SCI*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2017, de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1176-80.pdf>

COVENIN 1294. (2001). *NORMA VENEZOLANA*. Recuperado el 2 de Enero de 2018, de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1294-01.pdf>

COVENIN 1376. (1999). *Extinción de incendios en edificaciones, sistema fijo de extinción con agua. Rociadores*. Recuperado el 2 de Enero de 2018, de [http://www.fau.ucv.ve/idec/normas\\_construccion/1376\\_1999\\_Extincion\\_Incendio.pdf](http://www.fau.ucv.ve/idec/normas_construccion/1376_1999_Extincion_Incendio.pdf)

COVENIN 2226. (1990). *Guía Para La Elaboracion de Planes de Emergencias*. Recuperado el 14 de febrero de 2018, de <https://es.scribd.com/doc/100179232/2226-1990-Guia-Para-La-Elaboracion-de-Planes-de-Emergencias>

COVENIN 3048. (1993). *Sistemas de protección contra incendios en plantas de generación y subestaciones eléctricas de transmisión*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2017, de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3048-93.pdf>

COVENIN 758. (2006). *Estación manual de alarma*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2017, de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/758-89.pdf>

ENELVEN. (2005). Aspectos Básicos de un sistema contra incendios. *SHA, ENELVEN*.

ERenovable. (2014). *Subestaciones eléctricas*. Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de <https://erenovable.com/subestaciones-electricas/>

Expower. (2010). *El rociador automático*. Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de <http://www.expower.es/rociadores-automaticos-incendios.htm>

IEEE 383. (2003). Recuperado el 22 de Enero de 2018, de <https://standards.ieee.org/findstds/standard/383-2003.html>

IEEE 979. (2011). *Guía Para La Proteccion Contra Incendios de Subestaciones Segun El Estandar IEEE-979*. Recuperado el 22 de Enero de 2018, de

<https://es.scribd.com/document/229692565/Guia-Para-La-Proteccion-Contra-Incendios-de-Subestaciones-Segun-El-Estandar-IEEE-979>

IEEE 979. (2012). *IEEE Guide for Substation Fire Protection*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2017, de <https://standards.ieee.org/findstds/standard/979-2012.html>

IEEE 980. (2001). *Guía para la contención y el control de los derrames de petróleo en la subestación*. Recuperado el 16 de Enero de 2017, de <https://es.scribd.com/document/232922396/IEEE-980-2001>

IMSE. (2016). *Sistemas de protección contra incendios en Transformadores de Subestación*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de <http://imseingenieria.blogspot.com/2016/04/sistemas-de-proteccion-contra-incendios.html>

Isastur. (2010). *Manual de seguridad*. Recuperado el 10 de Febrero de 2018, de [https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/1/1\\_6\\_2\\_1.htm](https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/1/1_6_2_1.htm)

NFPA 12. (2011). *Norma sobre Sistemas de Extinción de Dióxido de Carbono*. Recuperado el 3 de Febrero de 2018, de <https://es.scribd.com/document/338676004/NFPA-12-ESPANOL-PDF-Sistema-de-Extincion-de-Co2-pdf>

NFPA 13. (2016). *Norma para la instalación de sistema de rociadores*. Recuperado el 5 de Febrero de 2018, de [http://files.roscardi-instalaciones.webnode.com/2000004968da458f972/NFPA%2013%20\(1996\)%20-%20Espa%C3%B1ol%20Protegido.pdf](http://files.roscardi-instalaciones.webnode.com/2000004968da458f972/NFPA%2013%20(1996)%20-%20Espa%C3%B1ol%20Protegido.pdf)

NFPA 14. (2007). *Instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras*. Recuperado el 4 de Febrero de 2018, de <https://es.slideshare.net/JJMMSSVV/nfpa-14-instalacin-de-sistemas-de-tuberia-vertical-y-de-mangueras-edicin-2007>

- NFPA 15. (2012). *Norma para Sistemas Fijos Aspersores de Agua para Protección contra Incendios*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2017, de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=15>
- NFPA. (1996). *Asociación Nacional de Protección contra el Fuego*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2017, de <http://www.nfpajla.org/servicios/preguntas-frecuentes/521-nfpa-30-codigo-de-liquidos-inflamables-y-combustibles>
- NFPA 20. (2007). *Instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios*. Recuperado el 4 de Febrero de 2018, de [http://old.huila.gov.co/documentos/NFPA\\_20-2007-Espanol.pdf](http://old.huila.gov.co/documentos/NFPA_20-2007-Espanol.pdf)
- NFPA. (2002). *National Electrical Code*. Recuperado el 7 de Enero de 2018, de <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=70>
- NFPA. (2017). *NFPA 1 Código de Fuego*. Recuperado el 22 de Enero de 2018, de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1>
- NFPA 25. (2002). *Inspección, comprobación y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendios*. Recuperado el 14 de Febrero de 2018, de <http://www.nfpajla.org/servicios/preguntas-frecuentes/522-nfpa-25-norma-para-la-inspeccion-comprobacion-y-manutencion-de-sistemas-hidraulicos-de-proteccion-contra-incendios>
- NFPA 70. (2017). *National Electrical Code*. Recuperado el 2018 de Enero de 16, de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=70>
- NFPA 72. (2016). *Alarma, Detección, Notificación & Señalización*. Recuperado el 4 de Febrero de 2018, de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=72>

NFPA-72. (2007). *Alarma, Detección, Notificación & Señalización*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2017, de <http://www.nfpajla.org/archivos/edicion-impresa/alarma-deteccion-senalizacion/617-nfpa-72>

NRF-016. (2010). *DISEÑO DE REDES CONTRAINCENDIO*. Recuperado el 1 de Febrero de 2018, de <http://www.Impromotora.com/documentos/filtros/norma5.pdf>

Palacios, J. R. (2017). *Diseño de un sistema contra incendio para una subestación eléctrica con transformador de potencia*. Recuperado el 2 de Enero de 2018, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9083/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-116.pdf>

Robles , M., & Salas, E. (2011). *Sistema de Protección y Prevención Contra Explosión e Incendio para Transformadores de Potencia en una Subestación*. Recuperado el 8 de Enero de 2018, de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9889/5.pdf?sequence=1>

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **MANSSUR CONGRAINS DAREN FERNANDO**, con C.C: # **0922461173** autor del trabajo de titulación: **Diseño y presupuesto para la implementación de un sistema de protección contra incendios para la subestación de 69KV de la UCSG** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico-Mecánica**, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 9 de marzo de 2018

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Manssur Congrains, Daren Fernando**

C.C: **0922461173**



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Diseño y presupuesto para la implementación de un sistema de protección contra incendios para la subestación de 69KV de la UCSG		
<b>AUTOR</b>	Daren Fernando Manssur Congrains		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Rafael Hidalgo Aguilar		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Educación Técnica para el Desarrollo Humano		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Eléctrico-Mecánica		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Eléctrico-Mecánica		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	9 de Marzo de 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	129
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistema contra incendios en subestaciones de 69KV		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Sistema contra incendios, Subestación eléctrica, NFPA, extinción, transformador, cuarto de control.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b> Este trabajo de titulación se basa en un diseño de un sistema de protección contra incendios para la subestación de 69KV de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Se han tomado principios fundamentales para el desarrollo del diseño, recopilando conceptos de hidráulica y eléctrico-mecánica donde se puso en práctica no solo la teoría basada en libros de hidráulica sino también de las normativas internacionales como la IEEE 979 y sobre todo de las normativas NFPA (National Fire Protection Association) a las cuales nos regimos para poder elaborar el trabajo de titulación. Consta de dos partes, la parte teórica, la parte de los cálculos hidráulicos, diseño del sistema con presupuesto del mismo. En la primera parte se analizan todos los componentes que intervienen en un sistema contra incendios en subestaciones de 69KV, métodos y equipos que posteriormente se realizarán los cálculos para la selección y contar con una extinción de fuego garantizada. En la parte de aportaciones, el SCI se divide en dos partes, el patio de maniobras donde se encuentra el transformador de poder, donde el método de extinción a utilizar es de Diluvio (agua pulverizada) por medio de 16 rociadores, el sistema de detección que se diseño es por medio de un cable térmico y siguiendo normas por el benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil. La segunda parte es para el interior del cuarto de control, diseñado con detectores de humo y sus respectivos rociadores calculados por las normas de NFPA y de CO <sub>2</sub> como agente de extinción.			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-986009445	<b>E-mail:</b> darenmanssur7@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Philco Aguilar Orlando		
	<b>Teléfono:</b> (04) 2 20933 ext 2007		
	<b>E-mail:</b> Luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			