



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

## **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

Proyecto de investigación y desarrollo en opción al Grado Académico de Magister en  
Gestión de Energías

**TEMA:**

**ANÁLISIS DE LAS EXIGENCIAS TÉCNICAS – FUNCIONALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CELEC EP DE 60 MW DE LA EMPRESA CSED S.A, EN LA CIUDAD DE QUININDÉ, PROVINCIA DE ESMERALDAS, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA PARA EL DISEÑO, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS MEDIANTE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

**Autor:**

DÍAZ Chicaiza, Eduardo Javier

**Tutor:**

PHD. Ing. Gustavo Rodríguez Bárcenas.

LATACUNGA – ECUADOR

Abril – 2016



## PAGINA DE ACEPTACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; del posgraduado: **DIAZ CHICAIZA EDUARDO JAVIER** con el título de tesis: **ANÁLISIS DE LAS EXIGENCIAS TÉCNICAS – FUNCIONALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CELEC EP DE 60 MW DE LA EMPRESA CSED S.A, EN LA CIUDAD DE QUININDÉ, PROVINCIA DE ESMERALDAS, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA PARA EL DISEÑO, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS MEDIANTE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

Latacunga Abril, 2016.

Para constancia firman:

.....  
MSc. Ángel León  
PRESIDENTE

.....  
PhD. Juan Mato  
MIEMBRO

.....  
MSc. Efren Barbosa  
MIEMBRO

.....  
MSc. Fabián Salazar  
OPONENTE



## PAGINA DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de Energías, nombrado por el Honorable Consejo Académico de Posgrado, apruebo el presente Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; del posgraduado: **DIAZ CHICAIZA EDUARDO JAVIER** con el título de tesis: **ANÁLISIS DE LAS EXIGENCIAS TÉCNICAS – FUNCIONALES DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CELEC EP DE 60 MW DE LA EMPRESA CSED S.A, EN LA CIUDAD DE QUININDÉ, PROVINCIA DE ESMERALDAS, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA PARA EL DISEÑO, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS MEDIANTE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

Latacunga Abril, 2016.

Para constancia firma:

.....  
PHD. Ing. Gustavo Rodríguez Bárcenas.

TUTOR

## **PÁGINA DE RESPONSABILIDAD**

Del contenido del presente proyecto de investigación y desarrollo, se responsabiliza:

---

**Eduardo Javier Díaz Chicaiza**

**C.I. 1714701644**



## *Agradecimiento*

*A Dios, Padre Celestial, y a todas la personas que de una u otra forma aportaron de manera significativa para la realización del presente trabajo.*

*Eduardo Javier Díaz Ch.*

## *Dedicatoria*

*El presente trabajo de investigación va dedicado a María Paulina, esposa prudente, sabia y abnegada, a mis hijos Alejandro y Gabriel, varones sabios y servidores de Dios.*

*A todas y a cada una de las personas que ve en la preparación académica como una forma de rebeldía, de superación y del único medio a su alcance para cambiar su destino de la mano de Dios.*

*“Que la pobreza no sea sinónimo de ignorancia”.*

*Eduardo Javier Díaz Ch.*

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	pág.
Portada externa .....	i
Portada interna.....	iii
Página de aceptación .....	iv
Página de responsabilidad .....	v
Agradecimiento .....	vi
Dedicatoria .....	vii
Índice general .....	viii
Lista de cuadros .....	xiv
Lista de gráficas.....	xvi
Resumen .....	xviii
Abstract.....	xix
Introducción.....	xx
Situación problemática. ....	xxi
Justificación de la investigación. ....	xxiii
Objeto de la investigación. ....	xxiii
Formulación del problema de investigación.....	xxiii
Campo de acción de la investigación. ....	xxiii
Objetivo general de la investigación. ....	xxiv
Hipótesis de investigación. ....	xxiv
Objetivos específicos.....	xxiv
Sistema de tareas por objetivo específico.....	xxv
Visión epistemológica de la investigación. ....	xxvi
Paradigma o enfoque epistemológico.....	xxvi
Nivel de investigación. ....	xxvi
Alcance de la investigación según la acción del proceso. ....	xxvi
Alcance de la investigación según el aporte enunciada en la hipoproyecto.....	xxvii

# CAPÍTULO I

## MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

a.	Caracterización detallada del objeto.....	1
b.	Marco teórico de la investigación.....	2
1.1.	Seguridad y protección contra incendios. ....	2
1.2.	Principios del fuego. ....	3
1.2.1.	Fuego e incendio. ....	3
1.2.2.	Tetraedro de fuego. ....	4
1.2.2.1.	Combustible.....	4
1.2.2.2.	Comburente. ....	4
1.2.2.3.	Calor. ....	5
1.2.2.4.	Reacción en cadena. ....	5
1.2.3.	Etapas del incendio. ....	5
1.3.	Combustión.....	6
1.3.1.	Resultados de la combustión.....	6
1.4.	Mecanismos de extinción. ....	7
1.5.	Sistema de alarma contra incendios.....	8
1.5.1.	Detectores automáticos de fuego. ....	9
1.5.2.	Aparatos de notificación. ....	9
1.5.3.	Agentes extintores.....	10
c.	Fundamentación de la investigación. ....	11
d.	Bases teóricas particulares de la investigación.....	12
1.6.	Método gretener.....	13
1.7.	Estándares nfpa (asociación nacional de protección contra el fuego).....	13
1.7.1.	NFPA 11. (estándar para espuma de baja, media, y alta expansión).....	13
1.7.2.	NFPA 13 (instalación de sistemas de rociadores y estándares de fabricación). .....	14
1.7.3.	NFPA 14 (instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras).....	14
1.7.4.	NFPA 20 (instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios). .....	15
1.7.5.	NFPA 24 (norma para la instalación de red privada de servicios contra incendios y sus accesorios).....	15

1.7.6.	NFPA 25 (inspección, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendios).....	16
1.7.7.	NFPA 70 (seguridad eléctrica en lugares de trabajo). .....	16
1.7.8.	NFPA 850 (práctica recomendada para protección contra incendios para plantas de generación eléctrica y estaciones de conversión de corriente directa de alto voltaje).....	16
1.8.	Estándares NTE INEN. ....	17
1.8.1.	NTE INEN 439:1984 (colores, señales y símbolos de seguridad).....	17
1.8.2.	NTE INEN 440:1984 (colores de identificación de tubería). ....	17
1.8.3.	NTE INEN 878:1985 (rótulos, placas rectangulares y cuadradas. ....	17
1.8.4.	NTE INEN 037:2009 (diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero). ....	18
1.9.	ISO 12944 (pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores).....	18
1.10.	API 1104 (procedimiento de comprobación de la soldadura). ....	18
1.11.	IEEE 979 (instituto de ingenieros eléctrico y electrónico). ....	19
1.12.	Determinación de variables.....	19

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

2.1.	Introducción.....	21
2.2.	Premisas de la metodología. ....	25
2.3.	Desarrollo de los códigos y normas nfpa.....	26
2.4.	Evaluación del riesgo de incendio según meer.....	26
2.5.	Evaluación del riesgo de incendio acorde al método gretener.....	27
2.5.1.	Determinación del tipo de construcción para el análisis del riesgo.....	27
2.5.2.	Desarrollo del método gretener.....	28
2.5.2.1.	Peligro potencial.....	28
2.5.2.1.1.	Peligros inherentes al contenido de la edificación. ....	28
I.	Carga de incendio mobiliario $Q_m$ , factor $q$ .....	28
II.	La combustibilidad, factor $c$ . ....	29
III.	El peligro de humo, factor $r$ .....	29

IV.	El peligro de corrosión o toxicidad, factor k. ....	30
2.5.2.1.2.	Peligros inherentes al contenido de la edificación. ....	30
I.	La carga de incendio inmobiliaria, factor i. ....	30
II.	Nivel de la subestación quinindé–celec ep o altura útil, factor e. ....	31
III.	Relación de longitud / anchura de los compartimentos, factor g.....	31
2.5.2.2.	Medidas normales (n).....	32
2.5.2.3.	Medidas especiales (s).....	34
2.5.2.4.	Medidas de protección inherentes a la construcción (f).....	36
2.5.3.	Exposición al riesgo.....	37
2.5.4.	Riesgo de incendio efectivo. ....	38
2.5.5.	Riesgo de incendio aceptado.....	38
2.5.6.	Seguridad contra incendios. ....	39
2.6.	Determinación del t <sub>dh</sub> .....	40
2.6.1.	Altura estática. ....	41
2.6.2.	Altura dinámica.....	42
2.7.	Cálculo de la dilatación térmica de las tuberías.....	43
2.8.	Generación de variantes de diseño.....	44

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1.	Introducción. ....	48
3.2.	Análisis y evaluación del riesgo de incendio.....	48
3.2.1.	Resultados de la evaluación mediante el método gretener. ....	48
3.2.1.1.	Carga de incendio mobiliario $Q_m$ , factor q.....	48
3.2.1.2.	La combustibilidad, factor c.....	49
3.2.1.3.	El peligro de humo, factor r. ....	50
3.2.1.4.	El peligro de corrosión o toxicidad, factor k.....	50
3.2.1.5.	La carga de incendio inmobiliaria, factor i. ....	50
3.2.1.6.	Nivel de la subestación quinindé–celec ep o altura útil, factor e. ....	51
3.2.1.7.	Relación de longitud / anchura de los compartimentos, factor g. ....	51
3.2.1.8.	Medidas normales, factor n. ....	52
3.2.1.9.	Medidas especiales, factor s. ....	52
3.2.1.10.	Medidas de protección inherentes a la construcción, factor f. ....	52

3.2.2.	Exposición al riesgo.....	53
3.2.3.	Riesgo de incendio efectivo.....	53
3.2.4.	Riesgo de incendio aceptado.....	53
3.2.5.	Seguridad contra incendios.....	54
3.3.	Diseño y simulación hidráulica.....	56
3.4.	Selección de la bomba para el sistema hidráulico.....	59
3.5.	Dilatación térmica de las tuberías.....	60

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA**

4.1.	Título.....	61
4.2.	Justificación.....	61
4.3.	Objetivos.....	62
4.4.	Estructura de la propuesta.....	62
4.5.	Desarrollo de la propuesta.....	62
4.5.1.	Análisis e inspección del lugar.....	62
4.5.1.1.	Situación geográfica.....	63
4.5.1.2.	Características técnicas de la subestación.....	64
4.5.2.	Fase de diseño, simulación y construcción energéticamente eficiente.....	65
4.5.2.1.	Normas y reglamentos.....	67
4.5.2.2.	Cronograma de construcción.....	68
4.5.2.3.	Selección del personal técnico.....	68
4.5.2.4.	Selección de logística y herramientas.....	68
4.5.2.5.	Metodología de trabajo.....	69
4.5.2.6.	Métodos de ensamblaje del sistema: soldaduras a aplicarse.....	69
4.5.2.7.	Métodos de selección de soportería.....	71
4.5.2.8.	Metodología para la aplicación de pinturas para protección de equipos accesorios y otros.....	72
4.5.2.9.	Conexión siamesa para el departamento de bomberos.....	73
4.5.2.10.	Gabinete para mangueras.....	74
4.5.2.11.	Metodología para el sistema de alarma de incendios.....	75
4.6.	Fase de operación, prueba de funcionamiento y mantenimiento del sistema.....	77

4.6.1.	Operación del sistema contra incendios.....	77
4.6.2.	Prueba de funcionamiento del sistema.....	77
4.6.3.	Mantenimiento del sistema. ....	78
4.7.	Evaluación socio-económico-ambiental de la propuesta.....	79
4.7.1.	Evaluación social de la propuesta.....	79
4.7.2.	Evaluación económica de la propuesta.....	80
4.7.3.	Evaluación ambiental de la propuesta.....	81
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>		<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>84</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>85</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>89</b>



## LISTA DE CUADROS

### CAPÍTULO I

#### MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

<b>Cuadro N° 1. 1:</b> Clasificación del fuego .....	3
<b>Cuadro N° 1. 2:</b> Gases producto de la combustión .....	7
<b>Cuadro N° 1. 3:</b> Variables .....	19
<b>Cuadro N° 1. 4:</b> Matriz de Operacionalización de Variables .....	20

### CAPÍTULO II

#### METODOLOGÍA

<b>Cuadro N° 2. 1:</b> Matriz para análisis de riesgo. ....	27
<b>Cuadro N° 2. 2:</b> Calificación del riesgo de incendio.....	27
<b>Cuadro N° 2. 3:</b> Determinación del tipo de construcción para el análisis del riesgo en la subestación .....	28
<b>Cuadro N° 2. 4:</b> Carga de incendio mobiliario $Q_m$ , Factor $q$ .....	29
<b>Cuadro N° 2. 5:</b> Factor $c$ . ....	29
<b>Cuadro N° 2. 6:</b> El peligro de humo.....	30
<b>Cuadro N° 2. 7:</b> Peligro de corrosión o toxicidad .....	30
<b>Cuadro N° 2. 8:</b> Carga de incendio inmobiliaria.....	31
<b>Cuadro N° 2. 9:</b> Factor $e$ .....	31
<b>Cuadro N° 2. 10:</b> Factor $g$ .....	32
<b>Cuadro N° 2. 11:</b> Medidas normales de protección de cada área de la subestación .....	33
<b>Cuadro N° 2. 12:</b> Medidas especiales de protección.....	35
<b>Cuadro N° 2. 13:</b> Factor $F$ , de cada área de la subestación .....	37
<b>Cuadro N° 2. 14:</b> Coeficientes de dilatación.....	44

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>Cuadro N° 3. 1:</b> Carga de incendio mobiliario por área de la subestación .....	49
<b>Cuadro N° 3. 2:</b> Carga de incendio mobiliario por áreas.....	49

<b>Cuadro N° 3. 3:</b> La combustibilidad por áreas.....	49
<b>Cuadro N° 3. 4:</b> El peligro de humo por áreas.....	50
<b>Cuadro N° 3. 5:</b> Peligro de corrosión o toxicidad por áreas. ....	50
<b>Cuadro N° 3. 6:</b> Carga de incendio inmobiliaria por áreas. ....	51
<b>Cuadro N° 3. 7:</b> Altura útil por áreas.....	51
<b>Cuadro N° 3. 8:</b> Factor g, por áreas. ....	51
<b>Cuadro N° 3. 9:</b> Medidas normales de protección contra incendio.....	52
<b>Cuadro N° 3. 10:</b> Medidas especiales por áreas.....	52
<b>Cuadro N° 3. 11:</b> Factor f por áreas.....	52
<b>Cuadro N° 3. 12:</b> Factor de exposición al riesgo.....	53
<b>Cuadro N° 3. 13:</b> Valores del peligro de activación.....	53
<b>Cuadro N° 3. 14:</b> Riesgo de incendio aceptado por áreas.....	54
<b>Cuadro N° 3. 15:</b> Seguridad contra incendio por áreas.....	54
<b>Cuadro N° 3. 16:</b> Seguridad Contra Incendio en el Grupo Diésel.....	55

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA**

<b>Cuadro N° 4. 1:</b> Georeferencia de la Subestación.....	63
<b>Cuadro N° 4. 2:</b> Principales características de la Subestación.....	64
<b>Cuadro N° 4. 3:</b> Espaciado sugerido entre soportes.....	72
<b>Cuadro N° 4. 4:</b> Clasificación de fluidos.....	72
<b>Cuadro N° 4. 5:</b> Tamaño de la escritura según el diámetro de la tubería (mm). ....	73
<b>Cuadro N° 4. 6:</b> Listado de materiales y accesorios para el diseño de sistemas de alarmas. .....	76
<b>Cuadro N° 4. 7:</b> Costo total del proyecto. ....	81

## LISTA DE GRÁFICAS

### CAPÍTULO I

#### MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

<b>Gráfico N° 1. 1:</b> Evolución de la demanda de energía. ....	1
<b>Gráfico N° 1. 2:</b> Factores que intervienen en un sistema contra incendios. ....	2
<b>Gráfico N° 1. 3:</b> Tetraedro de fuego. ....	4
<b>Gráfico N° 1. 4:</b> Fases de un incendio. ....	6
<b>Gráfico N° 1. 5:</b> Mecanismos de extinción. ....	8

### CAPÍTULO II

#### METODOLOGÍA

<b>Gráfico N° 2. 1:</b> Técnicas aplicadas. ....	23
<b>Gráfico N° 2. 2:</b> Procesamiento de la información. ....	24
<b>Gráfico N° 2. 3:</b> Recolección de información secundaria. ....	25
<b>Gráfico N° 2. 4:</b> Esquema para determinación de altura estática. ....	41
<b>Gráfico N° 2. 5:</b> Esquema de la ubicación del Sistema Contra Incendios. ....	44
<b>Gráfico N° 2. 6:</b> SIDARCI. ....	45
<b>Gráfico N° 2. 7:</b> Flujograma de procedimiento. ....	47

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>Gráfico N° 3. 1:</b> Diseño y simulación hidráulica. ....	56
<b>Gráfico N° 3. 2:</b> Software Pipe Flow Expert. ....	58
<b>Gráfico N° 3. 3:</b> Curva de la bomba PATTERSON 5*3. ....	59
<b>Gráfico N° 3. 4:</b> Datos de la bomba PATTERSON. ....	60

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA**

<b>Gráfico N° 4. 1:</b> Subestación Eléctrica Quinindé. ....	63
<b>Gráfico N° 4. 2:</b> Cantón Quinindé. ....	64
<b>Gráfico N° 4. 3:</b> Patio 69 kV Subestación Quinindé. ....	65
<b>Gráfico N° 4. 4:</b> Flujograma de propuesta para el diseño, simulación y construcción energéticamente eficiente. ....	66
<b>Gráfico N° 4. 5:</b> Cuarto de bombas del sistema contra incendios: a) Tablero de control, b) Bomba Patterson. ....	67
<b>Gráfico N° 4. 6:</b> Soldadura para conexión de tuberías y accesorios. ....	70
<b>Gráfico N° 4. 7:</b> Soportería de hormigón: a) en tubería, b) en monitor. ....	71
<b>Gráfico N° 4. 8:</b> Detalle de pintura en tubería de interconexión con cisterna. ....	73
<b>Gráfico N° 4. 9:</b> Conexión siamesa para el cuerpo. ....	74
<b>Gráfico N° 4. 10:</b> Gabinete de mangueras. ....	75
<b>Gráfico N° 4. 11:</b> Extintor. ....	76
<b>Gráfico N° 4. 12:</b> Ensamblaje del sistema contra incendios. ....	77
<b>Gráfico N° 4. 13:</b> Descarga de comprobación. ....	78
<b>Gráfico N° 4. 14:</b> Curva de beneficio económico. ....	80

## RESUMEN

Los incendios en las subestaciones eléctricas son una amenaza latente, siendo los más devastadores ya que involucran equipos eléctricos energizados, una falla eléctrica puede ocasionar un incendio, acompañado de grandes pérdidas de activos y productividad, daños al personal de la subestación e interrupciones de servicio. En la actualidad en nuestro entorno, durante el diseño de sistemas contra incendios, existe una insuficiente integración entre el análisis de las exigencias técnicas-funcionales y la generación de variantes de solución energéticamente eficientes, lo cual permitió crear las bases para el perfeccionamiento del enfoque de solución al problema en estudio. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como finalidad analizar las exigencias técnicas – funcionales del sistema contra incendios y su incidencia en la eficiencia energética, para la subestación eléctrica CELEC EP de 60 MW de la empresa CSED S.A, en la ciudad de Quinindé, Provincia de Esmeraldas, en el año 2015. Durante el desarrollo de la investigación y la generación de la variante de solución fueron implementadas y utilizadas sistemas CAD/CAE para el diseño automatizado y simulación del sistema contra incendios, y el procedimiento para el análisis de riesgos empleado se basó en la aplicación del Método Gretener. La solución propuesta consistió en el diseño, simulación y construcción de un sistema contraincendios energéticamente eficiente. Se determinó que la eficiencia total de la red de bombeo en el sistema contra incendios es de 85,26%, lo que nos permite obtener una instalación acorde a las normas NFPA, INEN, API, ISO e IEEE; que involucra la selección eficiente de equipos y componentes del sistema contra incendios en la subestación Quinindé.

**Palabras Clave:** Sistemas contra incendios; Sistemas CAD/CAE; Método Gretener; NFPA; INEN; API; ISO; IEEE.

## ABSTRACT

Fires in electrical substations are a latent threat, being the most devastating as they involve energized electrical equipment, electrical failure can cause a fire, accompanied by heavy losses of assets and productivity, damage to the substation staff and service interruptions. At present in our environment, in the design of fire protection systems, there is insufficient integration of the analysis of the technical-functional requirements and the generation of solution variants that are energy-efficient, which has allowed to create the bases to refine the approach of the solution to the problem under study. Therefore, the present study has the aim to analyze the technical requirements-functional anti-fire system and its impact on energy efficiency for the electric substation CELEC EP 60 MW of the company CSED S.A in Quinindé, Province of Esmeraldas, in 2015. During the development of research and the generation of the solution variant, CAD / CAE systems for automated design and the simulation of anti-fire system were implemented and used, and the procedure for risk analysis used was based on the application of Gretener Method. The proposed solution was the design, simulation and construction of an energy efficient anti-fire system. It was determined that the overall efficiency of the pumping network in the anti-fire system is 85.26%, which allows us to obtain an installation according to NFPA, INEN, API, ISO and IEEE standards; this involves the efficient selection of equipment and components of the fire protection system at the Quinindé substation.

**Keywords:** Fire-control systems; CAD / CAE systems; Gretener method; NFPA; INEN; API; ISO; IEEE.

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio hace referencia a la décima línea de investigación de la Maestría en Gestión de Energías: Diagnóstico, fiabilidad y protecciones de sistemas de uso de energía, y tiene como objeto de estudio el sistema contra incendios de la Subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW, para la empresa CSED S.A, localizada en la ciudad de Quinindé, en el cuál se realizará un análisis de las exigencias técnicas – funcionales del sistema contra incendios y su incidencia en la eficiencia energética, puesto a que los riesgos inherentes a un incendio tienden a generar inmensurables impactos tales como: daños en los activos de la subestación, personal, interrupción del servicio eléctrico y contaminación al medio ambiente.

En el diseño automatizado, simulación y construcción del sistema contra incendios a realizarse se utilizarán criterios de eficiencia energética, y se enlaza a la octava línea de investigación titulada: Accionamiento centralizado y control industrial, para lo cual el presente trabajo se ha estructurado en cuatro capítulos, acorde a la normativa propuesta por el Departamento de Posgrados, que detallan el desarrollo de la investigación, tal como se puede apreciar a continuación:

**Capítulo I.-** Se describe detalladamente el marco contextual y teórico de la investigación, en base a criterios y principios claves, que permitirán el desarrollo del estudio y antecedentes de investigaciones realizadas que se articulan con este proyecto, que van de la mano con el marco legal, normas, estándares, determinación y operacionalización de variables del tema de estudio.

**Capítulo II.-** Expone la metodología que se adoptará para la evaluación del riesgo de incendio, así también la protección necesaria frente a un posible conato, en función de dichas medidas en condiciones concretas de la subestación eléctrica. Para ratificar la validez de las medidas adoptadas se utilizará el método GRETENER, y el sistema de códigos y normas NFPA, INEN, API, ISO e IEEE.

**Capítulo III.-** Se presentan los resultados de la investigación, mediante el análisis de riesgo cuantitativo de incendio, con la metodología anteriormente expuesta, para posteriormente presentar el diseño y simulación hidráulica, selección adecuada de la

bomba principal y *jockey*, listado de equipos tuberías y accesorios, dilatación térmica de tuberías del sistema contra incendios.

**Capítulo IV.-** Se detalla el planteamiento: “Propuesta para el diseño, simulación y construcción de un sistema contra incendios mediante criterios de eficiencia energética”, dónde se delimita su estructura, desarrollo, planificación, construcción y la evaluación de los impactos: socio-económico-ambiental.

- **Situación problemática.**

El estudio de las posibles amenazas que tienden a ser promotoras de un incendio, los riesgos que implica y las apropiadas medidas para su mitigación, son algunas de las consideraciones clave para el diseño y operación de subestaciones eléctricas, nuevas o existentes.

A nivel mundial, el Comité sobre Plantas de Generación de Energía No-Nucleares fue organizado en 1979 para tener responsabilidad primaria por documentos sobre protección de incendios para plantas de generación eléctrica no-nucleares. Iniciado a principios de 1980, la primera edición de *National Fire Protection Association* (NFPA), fue publicada oficialmente en 1986 como: *Recommended Practice for Fire Protection for Fossil Fueled Steam Electric Generating Plants*, tal como lo establece la Norma NFPA 850, Versión 2010, Pág. 1.

Según Ortiz (2011), describe que con el crecimiento de la industria latinoamericana han ido de la mano el diseño, construcción, arranque y puesta en marcha de subestaciones eléctricas cada vez de mayor potencia, las cuales no constan de procedimientos para el diseño eficiente de sistemas contra incendios. En nuestro país las subestaciones eléctricas no cuentan con las debidas instalaciones resistentes a incendios ni con adecuados sistemas de protección contra este tipo de eventualidades, por lo que se pretende incentivar a prestar atención y tomar en cuenta este tema para que las nuevas subestaciones sean diseñadas y construidas de forma que sean seguras contra incendios.

Según Sjogren (2011), explica que la probabilidad de ocurrencia de un incendio en una subestación es baja, pero las consecuencias que podrían provocar serían catastróficas.



Los incendios en subestaciones pueden incidir el suministro de energía a los usuarios, así como los activos y utilidades de las empresas. Cuando se proyecta una nueva subestación o se evalúa la operación de esta, es importante reconocer los riesgos de incendio, y los asociados con la mitigación de estos incendios. Los objetos físicos o condiciones que producen peligros potenciales de incendio son llamados riesgos de incendio. Cada riesgo tiene los siguientes atributos:

- ✓ La probabilidad de que un incendio pueda ocurrir durante un específico intervalo de tiempo.
- ✓ La magnitud del posible incendio.
- ✓ La consecuencia de las pérdidas potenciales.

Dentro del peligro latente en una subestación tenemos: la galería del cableado, que es el mayor peligro debido a que son una combinación de fuente de ignición y al mismo tiempo contienen materiales inflamables. Una falla en un cable puede ser suficiente para que incendie el aislamiento que contiene, y podría derivar en un incendio mayor y grandes cantidades de humo tóxico.

Por otra parte la presencia de aceite mineral (líquido de enfriamiento), en equipos tales como: transformadores, reactores, e interruptores, se debe a que el aceite es una fuente inflamable que puede ser iniciada por una falla dentro del equipo. Algunas de las causas de que se produzcan arcos internos dentro del aceite son: filtración de agua o humedad, falla del aislamiento del núcleo, corrientes de falla exteriores y fallas en el cambiador de taps (*test access port*).

Estos arqueos pueden producir gases de ruptura como hidrógeno o acetileno. Dependiendo del tipo de falla y su severidad, los gases pueden producir suficiente presión para romper la estructura del tanque del transformador o hacer que los *bushings* (casquillos) de cerámica presenten rupturas o fugas de aceite. Una vez que se daña el tanque o los *bushings*, existe alta probabilidad de que ocurra un incendio.

Por estas razones, es necesario obtener un procedimiento para el diseño, construcción y simulación de un sistema contra incendios energéticamente eficiente, lo que nos permitirá obtener instalaciones cada vez más confiables y seguras, en conformidad con las normas

NFPA, *Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)*, *American Society of Mechanical Engineers (ASME)*, *American National Standards Institute (ANSI)*, *American Petroleum Institute (API)*, *International Organization for Standardization (ISO)* y Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN).

- **Justificación de la investigación.**

La presente investigación generará información considerable para la comunidad universitaria e interesados con características similares o parecidas, se convierte en base para futuros trabajos que podrán desarrollarse potenciando la seguridad ante éste riesgo, mediante un proceso sistemático y organizado para realizar el análisis de las exigencias técnicas-funcionales y la generación de variantes de solución eficientes energéticamente, lo cual nos permitirá disponer de las herramientas e instrumentos para prevenir y enfrentar los momentos en que se genere un conato de incendio en la subestación eléctrica, pues actualmente no existe un sistema contra incendios para la subestación, que minimice las consecuencias fatales que puede causar el evento.

- **Objeto de la investigación.**

El sistema contra incendios de la subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW, para la empresa CSED S.A.

- **Formulación del problema de investigación.**

Al realizar la propuesta para el diseño, simulación y construcción del sistema contra incendios en la subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW, en la ciudad de Quindé, para la empresa CSED S.A, mediante el cumplimiento de las exigencias técnicas-funcionales, ¿Se garantizará la eficiencia energética del sistema?

- **Campo de acción de la investigación.**

Eficiencia energética en el ámbito hidráulico y eléctrico, asociadas al diseño, simulación y construcción de un sistema contra incendios para la Subestación eléctrica - CELEC

EP de 60 MW de la empresa CSED S.A, en la ciudad de Quinindé, Provincia de Esmeraldas.

- **Objetivo general de la investigación.**

Analizar las exigencias técnicas – funcionales del sistema contra incendios y su incidencia en la eficiencia energética, para la subestación eléctrica CELEC EP de 60 MW de la empresa CSED S.A, en la ciudad de Quinindé, Provincia de Esmeraldas, durante el año 2015, que permitan diseñar, simular y construir un sistema contra incendios energéticamente eficiente.

- **Hipótesis de investigación.**

La propuesta para el diseño, simulación y construcción de un sistema contra incendios, en base al cumplimiento de normativas técnicas-funcionales en la Subestación Eléctrica – CELEC EP, en la ciudad de Quinindé, de la empresa CSED S.A., Provincia de Esmeraldas, permitirá potenciar la eficiencia energética del sistema.

- **Objetivos específicos.**

- ✓ Determinar las limitaciones de las investigaciones precedentes relacionadas con los sistemas contra incendios, teorías, indicadores para la discretización, criterios de eficiencia energética, y sus particularidades al ser aplicados al objeto de estudio.
- ✓ Analizar metodológica y cualitativamente la evaluación de riesgos de incendio.
- ✓ Identificar los criterios de diseño, simulación y construcción del sistema contra incendios, así como de las normas técnicas, funcionales y energéticas que servirán de base para la elaboración del procedimiento.
- ✓ Implementar la propuesta en la Subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW, en la ciudad de Quinindé, Provincia de Esmeraldas y el cálculo de los principales parámetros para el incremento de la eficiencia energética del sistema contra incendio.

- **Sistema de tareas por objetivo específico.**

Ítem	Descripción del Objetivo Específico	Tarea a realizar	Método	Procedimiento	Técnica
1	Determinar las limitaciones de las investigaciones precedentes relacionadas con los sistemas contra incendios, teorías, indicadores para la discretización, criterios de eficiencia energética, y sus particularidades al ser aplicados al objeto de estudio.	Realizar el estudio de diferentes temas de investigación precedentes relacionadas con los sistemas contra incendios. Revisar las teorías e indicadores que permitirán la discretización de criterios de eficiencia energética.	Deductivo Inductivo	Se realizará investigaciones bibliográficas en fuentes tales como: internet, libros, artículos científicos, afines a la investigación.	Análisis documental. Observación. Comparación Abstracción. Generalización.
2	Analizar metodológica y cualitativamente la evaluación de riesgos de incendio.	Desarrollar cualitativamente la evaluación de riesgos de incendio y las medidas de protección a tomar inherentes a la construcción.	Deductivo Inductivo	Se procederá a realizar los cálculos respectivos mediante la metodología establecida para la evaluación de riesgos.	Análisis documental. Medición. Cálculo. Software.
3	Identificar los criterios de diseño, simulación y construcción del sistema contra incendios, así como de las normas técnicas, funcionales y energéticas que servirán de base para la elaboración del procedimiento.	Analizar las diferentes normativas técnicas, funcionales y energéticas de los sistemas contra incendios. Utilizar el método de elementos finitos, a través de sistemas CAD y CAE para la realización del diseño y simulación del sistema contra incendios en la Subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW.	Deductivo Inductivo	Se elaborará un procedimiento, que integre los diversos criterios establecidos en normativas y códigos, acorde al sistema contra incendios.	Medición. Cálculo. Software. Abstracción. Comparación. Análisis documental.
4	Implementar el procedimiento en la Subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW, en la ciudad de Quinindé, Provincia de Esmeraldas y el cálculo de los principales parámetros para el incremento de la eficiencia energética del sistema contra incendios.	Calcular los principales parámetros para el incremento de la eficiencia energética del sistema contra incendios. Validar el procedimiento y construir el sistema contra incendios en la Subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW.	Experimental	Se procederá a la correspondiente construcción del sistema contra incendios en la subestación eléctrica, en base al procedimiento energéticamente eficiente obtenido anteriormente.	Aplicación. Comprensión. Demostración. Planos. Informes. Análisis documental.

Fuente: Autor, 2016.

## VISIÓN EPISTEMOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN.

- **Paradigma o enfoque epistemológico.**

El paradigma de mayor aplicación en la presente investigación tendrá el enfoque cualitativo, ya que necesitaremos realizar la recolección y el análisis de información de estándares internacionales como: NFPA, INEN, API, ISO e IEEE, entre otros, que nos permitirán comprobar la hipótesis planteada sobre cumplimiento de las exigencias técnicas-funcionales con el empleo de herramientas de diseño asistido por ordenador e ingeniería asistida por ordenador (CAD-CAE), para el diseño y simulación de sistemas contra incendios, complementando con el uso de estadística y métodos de ponderación matemática lo que permitirá obtener variantes de sistemas contra incendios energéticamente eficientes.

- **Nivel de investigación.**

El nivel de investigación a realizar en la Tesis será del tipo:

**Campo y experimental.-** Debido a que se tendrá contacto directo con la realidad del problema y el objeto de estudio respectivamente.

- **Alcance de la investigación según la acción del proceso creativo enunciada en el objetivo.**

Se pretende obtener una propuesta que permita el diseño, construcción y simulación de un sistema contra incendios, energéticamente eficiente de acuerdo a normativas que satisfagan las exigencias técnicas – funcionales para la Subestación eléctrica - CELEC EP de 60 MW, en la ciudad de Quinindé para la empresa CSED S.A, Provincia de Esmeraldas, durante el año 2015.

- **Alcance de la investigación según el aporte enunciada en la hipoproyecto de investigación y desarrollo.**

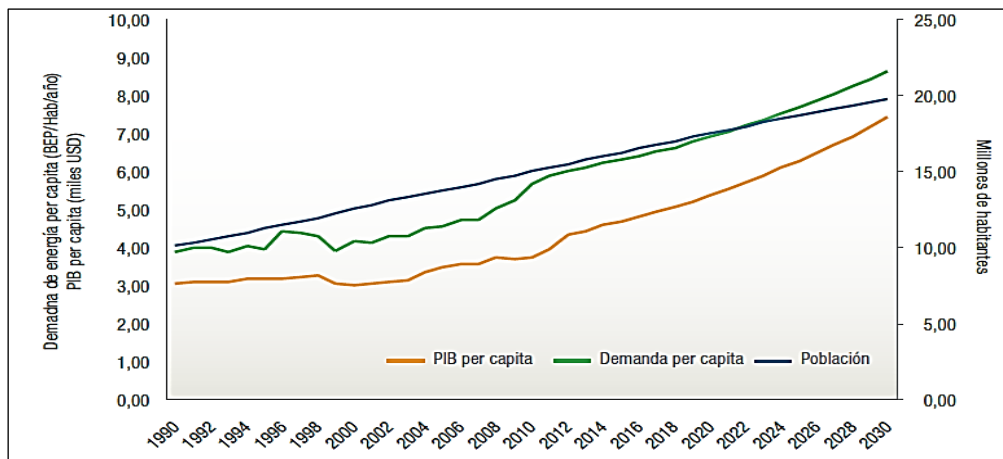
El alcance de la presente investigación se centra en el análisis de las exigencias técnicas-funcionales del sistema contra incendios y su incidencia en la eficiencia energética de la subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW, en la ciudad de Quinindé para la empresa CSED S.A, Provincia de Esmeraldas, durante el año 2015, con este estudio inicial posteriormente podremos realizar el diseño automatizado mediante herramientas CAD y CAE, para posterior construcción de un sistema hidráulico contra incendios y las respectivas pruebas de funcionamiento de acuerdo a estándares internacionales como IEEE y NFPA.

# CAPÍTULO I

## MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

### A. CARACTERIZACIÓN DETALLADA DEL OBJETO.

Las tendencias de consumo de energía a nivel nacional e internacional, manifiesta una evolución de la demanda de energía (Ver gráfico N° 1.1), lo cual muestra que la energía es el flujo sanguíneo del sistema productivo, y de ahí surge la relevancia de incrementar la caracterización de la energía que se obtiene de las fuentes renovables, de reforzar y fortalecer el stock energético nacional no renovable y establecer una gestión adecuada de la demanda energética, afín de lograr la sostenibilidad en el tiempo y minimizar riesgos que se pudieran suscitar dentro del sistema de abastecimiento energético, en este caso sería la minimización del riesgo de incendios en subestaciones eléctricas, las cuales dentro del sistema eléctrico de potencia tienen por función modificar los parámetros de potencia eléctrica. Por tanto el riesgo de incendio en una subestación eléctrica, es de gran interés para las compañías eléctricas, para lo cual es muy importante dentro de este tipo de estudio el análisis de las exigencias técnicas-funcionales de los sistemas contra incendios en subestaciones eléctricas. El sistema contra incendios, objeto de investigación, se encuentra en una subestación eléctrica reductora de nivel de voltaje, de 138 kV a 69 kV, de 60 MW, ubicada en la provincia de Esmeraldas, ciudad de Quinindé.



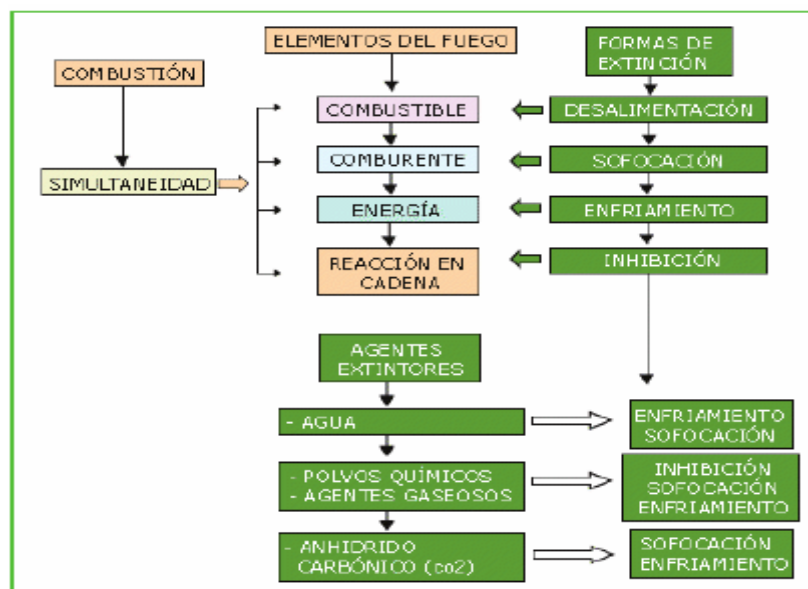
**Gráfico N° 1. 1:** Evolución de la demanda de energía.

**Fuente:** Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades), 2013.

## B. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.1. Seguridad y protección contra incendios.

Según Neira (2008), explica que la seguridad y protección contra incendios (PCI), es un campo multidisciplinar que abarca muchos ámbitos: la física y química del fuego, estabilidad al mismo de las estructuras, el control del calor y evacuación de humos, selección y diseño de instalaciones mecánicas y eléctricas, el comportamiento humano frente a emergencias, investigación de incendios, la gerencia de riegos, y los factores que intervienen en un sistema contra incendios (Ver gráfico N° 1.2)



**Gráfico N° 1. 2:** Factores que intervienen en un sistema contra incendios.  
**Fuente:** Quintela, 2008.

Por otra parte Casals (2008), sostiene que la protección contra incendios es el conjunto de medidas que se disponen en los edificios para protegerlos contra la acción del fuego, con el fin de conseguir tres fines:

- Salvar vidas humanas.
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego.



- Conseguir que las actividades del edificio puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible.

Las medidas fundamentales con las cuales se debe optar para combatir incendios pueden clasificarse en dos tipos:

- **Medidas pasivas.-** Afectan al proyecto o construcción del edificio, hace referencia a la facilitación de la evacuación de los usuarios presentes en caso de incendio, mediante caminos de suficiente amplitud, y que a su vez retarde y confine la acción del fuego, para evitar su propagación hacia otras zonas del edificio o que se extinga en su totalidad.
- **Medidas activas.-** Se refiere a instalaciones explícitas en extinción de incendios.

## 1.2. Principios del fuego.

### 1.2.1. Fuego e incendio.

De acuerdo a Quintela (2011), detalla que el fuego es una reacción exotérmica, con inflamación de los gases producidos por el combustible, que se caracteriza principalmente porque se produce un fuerte desprendimiento de calor y una autoalimentación en el proceso, siendo entonces el incendio, el accidente producido por el riesgo de fuego. Por lo tanto es necesario tener conocimiento acerca de la clasificación del fuego (Ver cuadro N° 1.1), para el diseño de un sistema contra incendios.

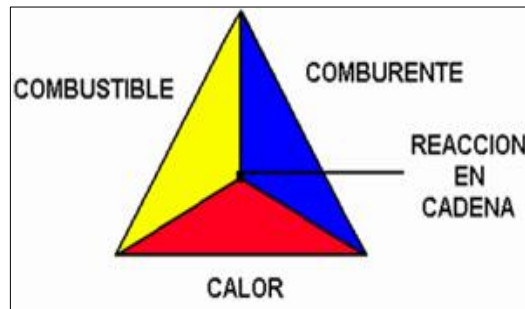
**Cuadro N° 1. 1**  
Clasificación del fuego.

Fuego	Descripción de generación.
<b>Clase A</b>	Combustibles sólidos, tales como madera, carbón, paja, tejidos, etc.
<b>Clase B</b>	Combustibles líquidos: gasolinas, aceites, pinturas, etc., o aquellos sólidos que en ignición están en estado líquido: asfaltos, parafinas, etc.
<b>Clase C</b>	Sustancias gaseosas: propano, metano, hexano, gas ciudad, butano, etc.
<b>Clase D</b>	Metales combustibles: magnesio, aluminio en polvo, sodio, circonio, etc.

**Fuente:** Neira, (2008).

### 1.2.2. Tetraedro de fuego.

Según Contelles (2010), describe que cuando se desarrolla un fuego se producen una serie de reacciones químicas y físicas y que existen cuatro elementos esenciales: combustible, comburente, calor y reacción en cadena, por lo que se forma un tetraedro de fuego (Ver gráfico N°1.3). Entonces, si se interrumpe uno de estos elementos, se extinguirá el fuego.



**Gráfico N° 1. 3:** Tetraedro de fuego.  
Fuente: Neira, 2008.

#### 1.2.2.1. Combustible.

Según Obando (2010), explica que es una sustancia que en presencia de oxígeno y aportándole una cierta energía de activación, es capaz de arder.

- **Combustibles sólidos.**

Carbón mineral (Antracita, carbón de coque, etc.), madera, plástico, textiles, etc.

- **Combustibles líquidos.**

Productos de destilación del petróleo (gasolina, gas-oil, fuel-oil, aceites, etc.), alcoholes, disolventes, etc.

- **Combustibles gaseosos.**

Gas natural, gas ciudad, metano, propano, butano, etileno, hidrógeno, etc.

#### 1.2.2.2. Comburente.

Sustancia en cuya presencia el combustible puede arder. De forma general, se considera al oxígeno como el comburente típico.

### 1.2.2.3. Calor.

También denominada la energía de activación, la cual permite que la reacción se inicie. Las fuentes de ignición que proporcionan este tipo de energía pueden ser: chispas, sobrecargas o cortocircuitos eléctricos, rozamientos entre partes metálicas, equipos de soldadura, etc.

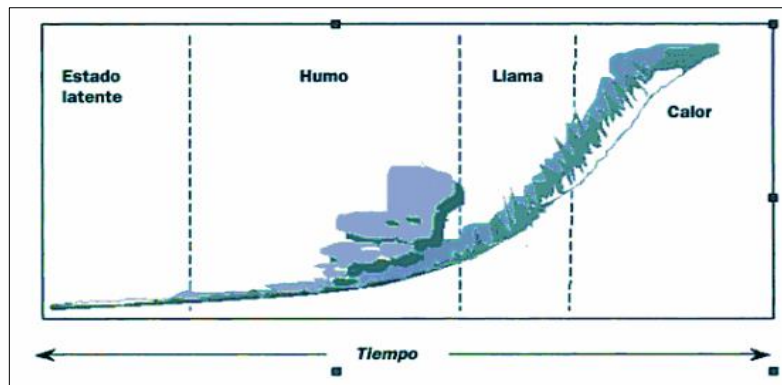
### 1.2.2.4. Reacción en cadena.

Es el factor que determina la ocurrencia decisiva en el incendio.

## 1.2.3. Etapas del incendio.

Neira (2008), explica que las fases de un incendio (Ver gráfico 1.4), pueden distinguirse con intervalos de tiempo, en función de las condiciones ambientales y naturaleza del combustible, dichas etapas son:

- **Etapa 1, Estado latente.-** En esta, no se produce ninguna situación visible al ojo humano, pero se producen microreacciones, esta etapa puede durar desde minutos a horas; el fuego no tiene peligro y se extingue con facilidad.
- **Etapa 2, Humos visibles.-** Las partículas producto de la combustión se acumulan de tal forma que son evidentes al ojo humano y ascienden con gran rapidez, su duración esta entre minutos a horas, en ella el fuego comienza a ser peligroso.
- **Etapa 3, Llamas.-** En condiciones favorables de existencia de oxígeno, se desarrollan llamas con gran rapidez, (minutos o segundos), con el respectivo desprendimiento de rayos infrarrojos, ultravioleta y luz.
- **Etapa 4, Calor.-** Seguido de las llamas, aparece el calor, acompañado del desprendimiento de humos y gases tóxicos, es la etapa en que el incendio ha tomado su forma, sucede en segundos, ascendiendo el calor a las partes altas.



**Gráfico N° 1. 4:** Fases de un incendio.  
**Fuente:** Neira, 2008.

### 1.3. Combustión.

Según Ortiz (2011), indica que es una reacción química de oxidación – reducción, que puede venir acompañada de la inflamación de los gases, que provocan la formación de la “llama”. Con el incremento de temperatura, la oxidación tiende a ser más rápida y por ende el desprendimiento de calor, aumenta, hasta que alcanza el punto de ignición en el que aparece la llama. Por lo tanto en función de la velocidad en la que se desarrolla, tiende a clasificarse en:

- **Combustiones lentas.**- Se producen en lugares en escasos de aire (comburente), combustibles muy compactos, sin emisión de luz y con poca emisión de calor.
- **Combustiones rápidas.**- Se producen con fuerte emisión de luz y calor, con llamas. Con esto se determina que cuando la velocidad de propagación del frente en llamas es menor que la velocidad del sonido (340 m/s), a la explosión se le llama deflagración y contrariamente cuando es mayor que la velocidad del sonido, a la explosión se le llama detonación.

#### 1.3.1. Resultados de la combustión.

Según Sjogren (2011), los resultados de la combustión son humo, llama, calor y gases, tal como se describe a continuación:

- **Humo.**- Se producen cuando las pequeñas partículas se hacen visibles, producto de una combustión incompleta, impidiendo el paso de luz. Su color depende de los materiales (combustible) que estén quemándose.
- **Llama.**- Es un gas incandescente, por ende se puede definir que la ocurrencia de fuego, en una atmósfera rica en oxígeno, es acompañado de una luminosidad denominada “llama”, que se manifiesta como el factor destructivo de la combustión.
- **Calor.**- Se produce en efecto del movimiento rápido de las partículas, conocidas como moléculas, que conforman la materia, siendo así el calor sumamente importante ya que es el culpable de numerosos incendios. La temperatura nos indica el nivel de energía interna de cada cuerpo. La transmisión de calor se brinda mediante:
- **Gases.**- Los gases producto de la combustión (Ver cuadro N° 1.2), pueden ser tóxicos, constituyendo uno de los factores más peligrosos de un incendio.

**Cuadro N° 1. 2**  
Gases producto de la combustión.

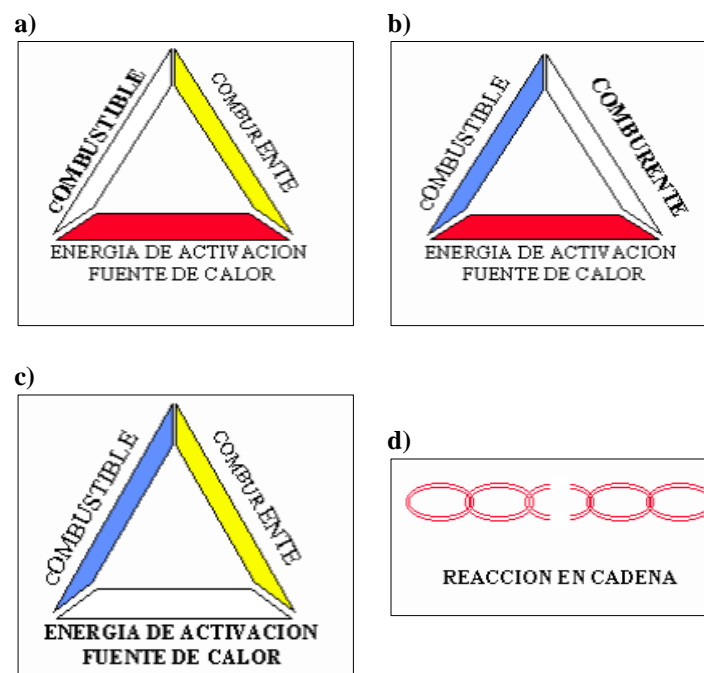
Gases	Característica	Efecto
<b>Monóxido de carbono (CO)</b>	Gas tóxico, incoloro, inodoro e insípido, se produce en combustiones incompletas.	Reacciona con la hemoglobina impidiendo el transporte de oxígeno a través de la sangre. Su inhalación puede ser mortal.
<b>Dióxido de carbono (CO2)</b>	Gas típico de la combustión.	No es venenoso, aunque desplaza el oxígeno del aire pudiendo producir la muerte por asfixia.
<b>Cianuro de hidrógeno (HCN)</b>	Se produce como resultado de la combustión de materiales que contienen nitrógeno como la lana y las fibras sintéticas.	Si se produce una exposición de corta duración la sustancia es irritante en ojos y en el tracto respiratorio, pudiendo incluso llegar a producir la muerte.

Fuente: Neira, 2008.

#### 1.4. Mecanismos de extinción.

Según Ferro (2013), narra que la falta o eliminación de uno de los elementos que intervienen en la combustión daría lugar a la extinción del fuego. Según el elemento que se elimine, aparecerán distintos mecanismos de extinción (Ver gráfico N° 1.5), tal como se detalla a continuación:

- **Dilución o desalimentación.-** Retirada o eliminación del elemento combustible.
- **Sofocación o inertización.-** Se llama así al hecho de eliminar el oxígeno de la combustión o impedir que los vapores que se desprenden a una determinada temperatura para cada materia, se pongan en contacto con el oxígeno del aire.
- **Enfriamiento.-** Este mecanismo consiste en reducir la temperatura del combustible.
- **Inhibición o rotura de la reacción en cadena.-** Consiste en impedir la transmisión de calor de unas partículas a otras del combustible, interponiendo elementos catalizadores entre ellas.



**Gráfico N° 1. 5:** Mecanismos de extinción: a) Dilución, b) Sofocación, c) Enfriamiento y d) Rotura.  
**Fuente:** Albán, 2006.

### 1.5. Sistema de alarma contra incendios.

Según NFPA (2013), describe que un sistema de alarma contra incendios juega un papel esencial en la protección de la propiedad y las vidas del fuego. Un sistema eficaz es una combinación de componentes individuales diseñados para trabajar en conjunto para proporcionar el nivel de protección deseado. El usuario del sistema de alarma contra incendios debe definir el objetivo del sistema, por ejemplo, si la prioridad es la seguridad

de la vida o la seguridad de la propiedad. Una vez instalado, el sistema de alarma contra incendios debe mantenerse correctamente y probado para asegurar que será la forma prevista en caso de emergencia.

### **1.5.1. Detectores automáticos de fuego.**

Según NFPA (2013), los detectores automáticos de incendio son activados por los cambios ambientales conocidos como "fuegos firmas", el director de calor, el humo y la radiación. Se han desarrollado varios tipos de sistemas para detectar estas firmas de fuego divergentes, incluyendo detectores de calor, detectores de incendios y de detección de energía radiante. El tipo de sistema de protección contra incendios instalado depende de varios factores, como la fiabilidad, sensibilidad y características ambientales. Los detectores deben estar debidamente instalados, posición, mantenidos y probados para asegurar la protección contra incendios confiable.

### **1.5.2. Aparatos de notificación.**

Según NFPA (2013), los aparatos de notificación: audibles y visibles, se utilizan para alertar a los ocupantes de un edificio que tienen que evacuar o reubicar a una zona segura. Además, pueden alertar al personal de emergencia o indicar un problema en el sistema de alarma de incendio u otro sistema de protección contra incendios, tales como rociadores automáticos. Cuando se utiliza en el modo de operación pública, el aparato de notificación alertará a los ocupantes de un área, como un centro comercial, que bueno tiene que evacuar. En el modo de operar privado, el aparato de notificación está destinada para el personal capacitado, como un hospital o en la cárcel. Los aparatos de notificación audibles son el tipo más común implementados, y su colocación, ajuste de decibelios, frecuencia y duración de la señal se calculan de acuerdo a numerosos factores, entre los parámetros físicos por lo general se utilizan para complementar el sistema de alarma audible. Al igual que con el sistema audible, el diseño del aparato de notificación visual debe usar base de muchos cálculos en una variedad de factores, incluyendo las propiedades físicas de luz.

### 1.5.3. Agentes extintores.

Según Neira (2008), establece que la extinción de un incendio se consigue al proyectar sobre los combustibles en combustión unos productos llamados agentes extintores, siendo los más conocidos:

- **Agua.-** Es el principal elemento para combatir el fuego, ya que tienen un gran poder de extinción y es muy barato. Cuando está a temperatura normal, es un líquido químicamente estable, incoloro, inodoro e insípido. Las formas de extinción que intervienen son: enfriamiento, sofocación e impacto.
- **Espuma.-** Son agentes extintores que tienen como base el agua con un aditivo emulsionante. Su clasificación es según la forma de generación, el grado de expansión y composición química. Dentro de las formas de extinción, la sofocación es la más importante, puesto a que separa el combustible del oxígeno del aire, siendo su aplicación para la extinción de combustible de clase B, pudiéndose aplicar en fuegos clase A.
- **Polvo.-** Es un agente extintor, compuesto por sustancias químicas en estado sólido, finamente divididas. Tiende a tener: fluidez, actuación rápida, resistencia a la humedad y vibraciones, no degradable, no tóxico, no conductor de electricidad y no abrasivo. Se clasifican en polvos normales o secos BC, polvos polivalentes ABC o polvos especiales, en función del fuego que pueden apagar.
- **Anhídrido carbónico.-** En condiciones normales el anhídrido carbónico es un gas incoloro e inodoro, con densidad 50% superior al aire, si se comprime y enfría, se licua con facilidad, teniendo como propiedades: que por su propia presión de vapor puede salir del recipiente y fluir por tuberías, en estado gaseoso penetra en lo más profundo del riesgo, no conduce la electricidad, no es corrosivo, no deja residuos, no es tóxico. Las formas de extinción son: sofocación y enfriamiento, pudiendo extinguir fuegos clase B y aquellos con presencia de electricidad. En fuegos clase A, tiende a necesitar una mayor concentración.
- **Agentes gaseosos.-** Debido a la prohibición del halón como agente extintor, estos agentes tienden a reemplazarlos. Sus propiedades deben ser: estar compuestos por agentes presentes en la atmosfera, tener bajo impacto ambiental, y no ser tóxicos.



### C. FUNDAMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Existen algunos estudios de planes preventivos de control de incendios relacionados con el tema del presente proyecto de investigación y se presentan a continuación:

**En la investigación: Diseño de un Sistema Hídrico para combate de incendios en planta Aloag de Acería del Ecuador S.A ADELCA, del autor Paz Andrés (2010)**, el autor elabora un sistema de agua presurizada de agua- espuma para el sistema contra incendios que permitirá el manejo de conatos de incendio, de manera que permite reiniciar de una forma más rápida las actividades normales dentro de la instalación. La conclusión de este trabajo, resalta el diseño en base al aseguramiento de los requerimientos de presión estática en función de los puntos críticos de la empresa.

**En la investigación: Construcción e Instalación de Sistema Contra Incendio para una Central de Generación Eléctrica, del autor: Cedeño Luis (2010)**, el autor realiza el diseño en base a normativa NFPA, ASME, API, entre otras, así mismo evalúa todos los riesgos de incendios internos y externos, posteriormente utiliza aplicaciones de hidráulica, mecánica de fluidos y sólidos, soldadura, así como normas internacionales para la selección de materiales, accesorios y equipos que aseguran un buen diseño y operación del sistema contra incendios. La conclusión de este trabajo manifiesta parámetros relevantes que serán pauta para esta investigación.

**En la investigación: Diseño e implementación del sistema contra incendios para la Estación de captación de GAS SACHA NORTE 2, del autor: Haro Erick (2012)**, el autor complementa el sistema contra incendios, analizando puntualmente los riesgos que tienden a producirse, así también para extinguir el incendio existe una activación electrónica de regaderas e hidratantes controlados por un PLC, y como consecuencia todo el proceso opera mediante un interfaz humano-máquina realizado con software Woderware. La conclusión de este trabajo manifiesta un sistema que opera automatizadamente, lo que permite una actuación de respuesta del sistema de una manera eficiente en cuanto al factor tiempo.

**En la investigación: Diseño y propuesta de construcción de un sistema de detección, alarma, y control de incendios en la Subestación cristiana N° 18 de la E.E.Q.S.A. del autor: Pachacama Andrés (2012).** el autor sugiere que para disminuir el riesgo se debe optar por un sistema completo de detección, alarma y control de incendios en base a sensores de humo principalmente en armarios, cuarto de baterías y en transformadores; para evitar daños en los transformadores, y que además se debe prever en la instalación de un sistema tipo diluvio con descarga automática. La conclusión de este trabajo refleja la importancia de variantes que se deben tomar en cuenta dentro del diseño, para que este sea más eficiente.

De acuerdo a las investigaciones descritas anteriormente podemos determinar que ninguna de ellas se enfoca en el análisis de las exigencias técnicas-funcionales de los sistemas contra incendios en subestaciones eléctricas en la ciudad de Quinindé, para posteriormente realizar el diseño, simulación y construcción de un sistema contra incendios energéticamente eficiente, el cual permitirá sentar las bases de un procedimiento sistemático y ordenado que plantee soluciones aplicables de ingeniería, la misma que puede ser replicada en otros proyectos con un problema similar.

#### **D. BASES TEÓRICAS PARTICULARES DE LA INVESTIGACIÓN.**

Es necesario conocer la evaluación del riesgo de la Subestación Quinindé – CELEC EP y las actividades que en ella se realizarán. Para ello se empleará el método GRETENER, el cual se aplica con éxito desde 1968. El método significa un intento absolutamente válido de cuantificación de los factores que influyen en la posible gravedad de los posibles incendios. Este método permite evaluar cuantitativamente el riesgo, así como la seguridad contra incendios, utilizando datos uniformes. Los cálculos se desarrollan definiendo y evaluando los diferentes factores que influyen en el peligro de incendio y las medidas de protección existentes en cada uno de los compartimentos de la subestación eléctrica, siguiendo la metodología planteada por Max Gretener.

## 1.6. Método Gretener.

Está orientado a la evaluación matemática del riesgo de incendio de las construcciones industriales y de edificios. El cálculo del índice se basa en:

$$R = \frac{P}{N * S * F} * A \quad (1. 1)$$

Dónde:

**R** = Riesgo efectivo de Incendio.

**P** = Factores de seguridad intrínseca.

**N** = Coeficientes de las medidas de seguridad normales.

**S** = Coeficientes de las medidas de seguridad especiales.

**F** = Coeficientes de las medidas constructivas de seguridad (pasivas).

**A** = Riesgo de activación.

No obstante, en el epígrafe 1.7, también se especifica las normativas a emplear para el desarrollo de la investigación.

## 1.7. Estándares NFPA (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego).

El sistema de desarrollo de los códigos y normas de la NFPA es un proceso abierto basado en el consenso que ha producido algunos de los más referenciados materiales en la industria de la protección contra incendios, incluyendo el Código Eléctrico Nacional, el Código de Seguridad Humana, el Código Uniforme contra Incendios, y el Código Nacional de Alarmas de Incendios.

### 1.7.1. NFPA 11. (Estándar para espuma de Baja, Media, y Alta Expansión).

Esta norma cubre el diseño, instalación, operación, prueba y mantenimiento de sistemas de espuma de baja, media y alta expansión para protección de incendios. “Una instalación completa en la cual la espuma es conducida por tuberías desde una central de incendios,

descargada por medios fijos sobre el riesgo a proteger, dónde sean requeridas bombas, estas estarán instaladas permanentemente.”

- **Sistema móvil.-** Un sistema móvil es descrito como cualquier tipo de unidad productora de espuma, que se encuentra montado sobre ruedas y es autopropulsado, o remolcado por un vehículo y puede conectarse a un suministro de agua, o utiliza una solución premezclada. En general esta descripción respondería a la de un coche de bomberos.

La NFPA 11 también contempla otras instalaciones especializadas, que montadas en un remolque pueden descargar la espuma que le es suministrada desde fuera, o puede producir y descargar la espuma cuando se conecta a un suministro de agua.

- **Sistema portátil.-** Se define como: “Un equipo productor de espuma, materiales, mangueras, etc. Que se transporta a mano”.
- **Sistemas semifijos.-** Es un sistema Dónde el riesgo a proteger está equipado con un sistema fijo de puntos de descarga, conectados a una tubería que termina a una distancia segura. Estos sistemas combinan una parte fija y una móvil.

### **1.7.2. NFPA 13 (Instalación de sistemas de rociadores y estándares de fabricación).**

Esta norma proporciona los requisitos mínimos para el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos contra incendio y sistemas de rociadores para protección contra la exposición al fuego; incluyendo el carácter y adecuación de las fuentes de abastecimiento de agua y la selección de los rociadores, tuberías, válvulas y todos los materiales y accesorios , aunque sin incluir la instalación de redes de abastecimiento y fuentes de abastecimiento de agua para servicios privados de lucha contra incendio.

### **1.7.3. NFPA 14 (Instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras).**

Esta norma contiene los requisitos mínimos para la instalación de sistema de tubería vertical y manguera. El propósito de esta norma es proveer un razonable grado de

protección para la vida y propiedad del fuego a través de la instalación de requisitos para sistemas de tuberías verticales y mangueras basados en sanos principios de ingeniería, información de prueba y experiencia de campo.

#### **1.7.4. NFPA 20 (Instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios).**

Esta norma trata lo relativo a la selección e instalación de bombas que suministran líquido a sistemas privados de protección contra incendio. Esta norma no cubre los requerimientos de capacidad y presión del suministro de líquido de los sistemas, ni tampoco cubre los requerimientos de inspección periódica, pruebas y mantenimiento periódico de sistemas de bombas contra incendio. Además no cubre los requerimientos del cableado de instalación de las unidades de bombas contra incendio. El propósito de esta norma es proveer un grado razonable de protección contra incendios a la vida y la propiedad a través de requerimientos de instalación para bombas estacionarias para protección contra incendio basados en sólidos principios de ingeniería, datos de prueba y experiencia de campo.

#### **1.7.5. NFPA 24 (Norma para la instalación de red privada de servicios contra incendios y sus accesorios).**

Esta norma deberá cubrir los requisitos mínimos para la instalación de la red del servicio de bomberos privados y sus accesorios proporcionando la siguiente:

- Sistemas de rociadores automáticos.
- Los sistemas de rociadores abiertos.
- Los sistemas fijos de agua pulverizada.
- Sistemas de espuma.
- Hidrantes privados.
- Vigilar boquillas o sistemas de tubería vertical con referencia a los suministros de agua.
- Casas de manguera.

Esta norma se aplicará a la red de servicios combinados utilizada para llevar agua para el servicio de bomberos y otros usos.

**1.7.6. NFPA 25 (Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendios).**

Esta norma establece los requisitos mínimos para la inspección, prueba y mantenimiento periódico de sistemas de protección contra incendio a base de agua, incluyendo aplicaciones en tierra y marítimas.

**1.7.7. NFPA 70 (Seguridad eléctrica en lugares de trabajo).**

Esta norma cubre los requisitos de seguridad eléctrica para los lugares de trabajo de los empleados que son necesarios para la seguridad práctica de ellos en su empleo. Esta norma comprende la instalación de conductores eléctricos, equipos eléctricos, equipos de señalización conductores de comunicaciones, y canalizaciones para lo siguiente:

- Propiedades públicas y privadas, incluidos edificios, estructuras, casas móviles, vehículos de recreo y edificios flotantes.
- Patio, lotes, estacionamientos, parques de atracciones, y subestaciones industriales.
- Instalaciones de conductores y equipos que conectan a la fuente de suministro de electricidad.
- Instalaciones utilizadas por las empresas de energía eléctrica, tales como edificios de oficinas, depósitos, garajes, talleres y edificios recreativos, que no forman parte integral de una planta generadora, una subestación o centro de control.

**1.7.8. NFPA 850 (Práctica recomendada para protección contra incendios para plantas de generación eléctrica y estaciones de conversión de corriente directa de alto voltaje).**

Provee recomendaciones para la prevención y la protección contra incendios en plantas de generación eléctrica y en estaciones de conversión de corriente directa de alto voltaje,

excepto las siguientes: Plantas de energía nuclear están incluidas en NFPA 805, *Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generation Plants*; Plantas hidroeléctricas están incluidas en NFPA 851, *Recommended Practice for Fire Protection for Hydroelectric Generating Plants* y Celdas de combustible están indicadas en NFPA 853, *Standard for the Installation of Stationary Fuel Cell Power Systems*. Provee recomendaciones para el control de peligros de incendio para la seguridad de la construcción y el personal de operación, la integridad física de los componentes de la planta y la continuidad de las operaciones de planta.

## **1.8. Estándares NTE INEN.**

### **1.8.1. NTE INEN 439:1984 (Colores, señales y símbolos de seguridad).**

Esta norma se aplica a la identificación de posibles fuentes de peligro y para marcar la localización de equipos de emergencia o de protección. Se aplica a colores, señales y símbolos de uso general en seguridad, excluyendo los de otro tipo destinado al uso en calles, carretero, vías férreas y regulaciones marinas.

### **1.8.2. NTE INEN 440:1984 (Colores de identificación de tubería).**

Esta norma se aplica según la importancia de las tuberías que se marcará y a la naturaleza del fluido, de acuerdo a una de las modalidades siguientes:

- Solamente por los colores de identificación.
- Mediante el color de identificación y nombre del fluido.
- Mediante el color de identificación, nombre del fluido, indicaciones de código.

### **1.8.3. NTE INEN 878:1985 (Rótulos, placas rectangulares y cuadradas. Dimensiones).**

Esta norma se aplica a los rótulos utilizados con fines generales y en especial a los empleados con fines de seguridad industrial.

#### **1.8.4. NTE INEN 037:2009 (Diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero).**

Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los requisitos que se deben cumplir el diseño, fabricación y montaje de los distintos tipos de estructuras elaboradas a partir de acero. Tiene como finalidad prevenir los riesgos de seguridad y la vida de las personas, de los animales y vegetales, el ambiente y la propiedad, y las prácticas engañosas que puedan inducir a error a los usuarios.

#### **1.9. ISO 12944 (Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores).**

Esta norma es importante porque permite elegir un sistema de protección anticorrosiva en un tipo de ambiente determinado. La norma clasifica los tipos de ambientes a partir de evaluaciones de campo que permiten definir el nivel de corrosividad de elementos de acero y acero galvanizado por efecto de la salinidad ambiental principalmente, por tal motivo, está relacionado con la distancia al mar de las estructuras a proteger.

#### **1.10. API 1104 (Procedimiento de comprobación de la soldadura).**

El estándar API 1104 cubre las soldaduras por arco y gas de uniones a tope, filete y socket de tuberías de acero al carbono y de baja aleación utilizadas en la compresión, bombeo y transporte de petróleo crudo, productos del petróleo, gases combustibles, dióxido de carbono, nitrógeno y, dónde sea aplicable, cubre soldaduras en sistemas de distribución. Es aplicable tanto para construcciones nuevas como aquellas que se encuentran en servicio. La soldadura puede ser hecha por: soldadura de arco con electrodo recubierto (SMAW), soldadura por arco sumergido (SAW), soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW), soldadura por arco de metal y gas (GMAW), soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW), soldadura por arco plasma, soldadura oxiacetilénica o soldadura por chisporroteo o una combinación de estos procesos usando una técnica de soldadura manual, semi-automática, mecanizada, o automática, o una combinación de estas técnicas.



### 1.11. IEEE 979 (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos).

Esta norma establece la importancia de protección contra incendios orientada a aplicarse en las subestaciones eléctricas y la selección del sistema de protección adecuado para una subestación específica y cada uno de los componentes de la misma. Además se encuentra recomendaciones de prácticas de protección contra incendios que deberían usarse como guía en el diseño de las casas y casetas de control de la subestación.

### 1.12. Determinación de variables.

Para realizar la investigación respectiva a este proyecto, se debe analizar forma explícita y detallada de las propiedades del objeto y campo de acción de la investigación y sus variables (Ver cuadro N° 1.3).

**Cuadro N° 1. 3**  
Variables.

Variable	Descripción
<b>Independiente</b>	Son las normas, estándares o exigencias técnicas-funcionales para el análisis del Sistema Contra Incendios de la Subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW, en la ciudad de Quindé.
<b>Dependiente</b>	La eficiencia energética en el diseño, simulación y construcción del sistema contra incendios.

**Fuente:** Autor, 2016.

La operacionalización de variables (Ver cuadro N° 1.4), permite fijarnos del orden lógico que tiene esta investigación.

## Cuadro N° 1. 4

Matriz de Operacionalización de Variables.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE INDEPENDIENTE:		<b>Cumplimiento de Normas o exigencias técnico funcionales del Sistema Contra Incendios de la Subestación Eléctrica.</b>			
Concepto	Norma	Designación			
El análisis de normas o exigencias técnico funcionales de un sistema contra incendios es realizar un proceso sistemático de descomposición de sus partes fundamentales hasta llegar a conocer los principios o elementos que rigen el sistema de estudio.	NFPA 13	Instalación de sistemas rociadores y estándares de fabricación.			
	NFPA 14	Instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras.			
	NFPA 20	Instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios.			
	NFPA 24	Norma para la instalación de red privada de servicios contra incendios y sus accesorios.			
	NFPA 25	Para inspección, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulico de protección contra incendios.			
	NFPA 70	Seguridad eléctrica en lugares de trabajo. Código Eléctrico Nacional.			
	NFPA 850	Práctica recomendada para protección contra incendios para plantas de generación eléctrica y estaciones de conversión de corriente directa de alto voltaje.			
	INEN 439:1984	Colores, señales y símbolos de seguridad.			
	INEN 440:1984	Colores de identificación de tubería.			
	INEN 878:1895	Rótulos, placas rectangulares y cuadradas. Dimensiones.			
	ISO 12944	Pinturas y barnices-Protección contra la corrosión de estructura de acero con sistemas protectores de pintura.			
API 1104	Procedimiento de comprobación de la soldadura.				
RTE INEN 0372009	Diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero.				
IEEE 979	Guía para la Subestación de Protección contra Incendios.				
VARIABLE DEPENDIENTE:		<b>La eficiencia energética en el diseño, simulación y construcción del sistema contra incendios.</b>			
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
La Eficiencia Energética es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos.	Taza de flujo	Caudal	L/min	Cálculos	Ecuaciones
	Cabeza de la bomba	Presión	m	Cálculos	Ecuaciones
	Energía	Energía eléctrica	kW	Cálculos	Ecuaciones

Fuente: Peña, 2013.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1. Introducción.

El tipo de investigación en este estudio es de campo y experimental, es por ello que la metodología aplicada, se adapta en función de las fases en las que consta este proyecto, y entrelazado con el sistema de tareas por objetivos específicos. Dichas fases se resumen básicamente en tres etapas:

- Recopilación de información especializada, respecto a documentos precedentes relacionados con sistemas contra incendios, teorías, indicadores para la discretización de variables, criterios de eficiencia energética, y sus particularidades al ser aplicadas al sistema contra incendios.
- Desarrollo de un procedimiento que integra los criterios de diseño, simulación y construcción de sistemas contra incendios, así también normativas actuales y razones de eficiencia energética.
- Implementación de la propuesta en la Subestación Eléctrica – CELEC EP de 60 MW, en la ciudad de Quinindé, provincia de Esmeraldas.

Durante la primera etapa, se realizaron recorridos de observación directa, dentro de la subestación, para identificar el sitio dónde se construirá el sistema contra incendios, y a la par se investigó en múltiples fuentes valiosas, con información afín, para el análisis y deducción de las mismas.

En la segunda etapa, con la información obtenida se procedió a la revisión crítica de los documentos que integran los diversos criterios establecidos en normativas y códigos acorde al sistema contra incendio; así mismo mediante los métodos cuantitativos, se procede al respectivo análisis del riesgo de incendio y del diseño del sistema hidráulico.

Por otra parte mediante el software *Pipe Flow Expert*, se realizó la pertinente simulación del sistema, todo esto para corroborar la propuesta que integra el diseño, construcción y simulación en base a criterios de eficiencia energética.

Finalmente, en la tercera etapa, es de carácter experimental, puesto a que se aplicará la propuesta obtenida para la construcción del sistema contra incendios energéticamente eficiente en la subestación eléctrica.

Las técnicas aplicadas (Ver gráfico N° 2.1), efectuadas para el desarrollo del proyecto son:

- **Observación.-** Se mantuvo contacto directo con los elementos físicos dentro de la subestación, para identificar el área efectiva de 464,09 m<sup>2</sup>, en la subestación dónde se construirá el sistema contra incendios.
- **Análisis documental.-** Es un trabajo mediante el cual por un proceso intelectual extraemos unas nociones de los documentos especializados tales como normativas, códigos, reglamentos, criterios del contratante, entre otros, para el diseño del sistema contra incendios energéticamente eficiente.
- **Abstracción.-** Es un proceso que implica reducir los componentes fundamentales de información acerca del diseño del sistema contra incendios en términos de eficiencia energética para conservar sus rasgos más relevantes con el objetivo de formar categorías o conceptos.
- **Medición y cálculo.-** Consiste en medir una magnitud física, compararla con un valor de la misma que, por convenio, tomamos como patrón o unidad, dentro de la medición, en este caso, el área en dónde se procederá a construir el sistema, así también se hace uso de medidas indirectas las cuales se calculan mediante una fórmula a partir de magnitudes medidas directamente, como la velocidad del fluido a la que circunda dentro del sistema.
- **Software.-** Representa la utilización de un conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas, tales como herramientas informáticas como CAD/CAE, *Pipe Flow Expert* y otras afines, las cuales esta estructuradas por una serie de instrucciones y datos, que permiten aprovechar todos

los recursos que el computador tiene, de manera que pueda resolver gran cantidad de problemas.

- **Aplicación.-** En este apartado, hace referencia a la implementación real en sí del sistema, tras la obtención del procedimiento de diseño y simulación del sistema contra incendios en criterios de eficiencia energética.

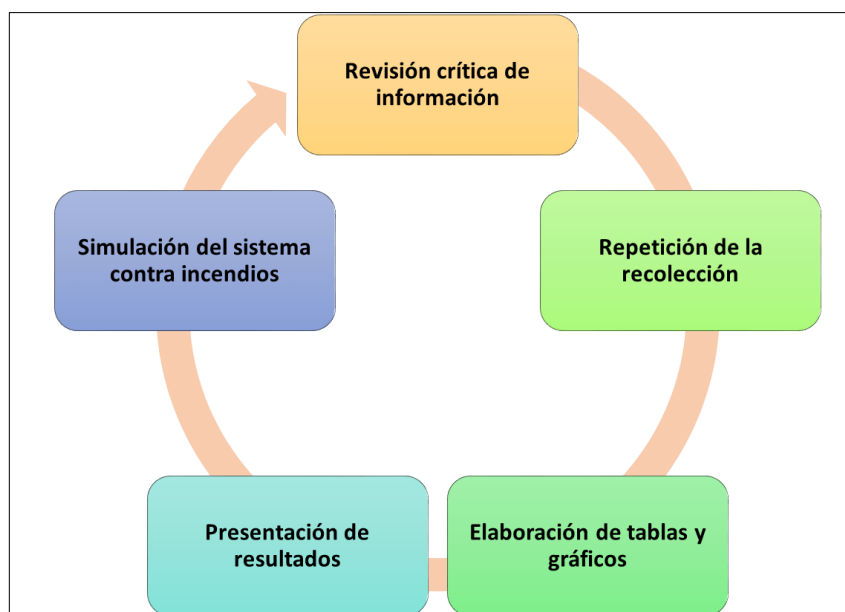


**Gráfico N° 2. 1:** Técnicas aplicadas.  
Fuente: Autor, 2016.

Para la técnica denominada análisis documental se requiere un procesamiento de información (Ver gráfico N°2.2), para realizar el respectivo tratamiento, tal como se detalla a continuación:

- **Revisión crítica de información.-** Consiste en un análisis reflexivo de toda la información, la cual servirá de provecho para el desarrollo del proyecto.
- **Repetición de la recolección.-** En este ítem, se hace referencia a la búsqueda de información en otras fuentes de información a comparación de las obtenidas anteriormente.
- **Elaboración de tablas y gráficos.-** Una vez realizado el análisis sólido de la información y la secuencia de la metodología de análisis de riesgo y sus resultados, se requiere la elaboración de tablas y gráficos.

- **Presentación de resultados.-** En este apartado se exponen los resultados abstraídos del proceso, para validar críticamente que dichas soluciones tengan vinculación con la eficiencia energética del caso.
- **Simulación del sistema contra incendios.-** Se apoya a los resultados obtenidos, tras el proceso anteriormente indicado, para corroborar los resultados obtenidos.

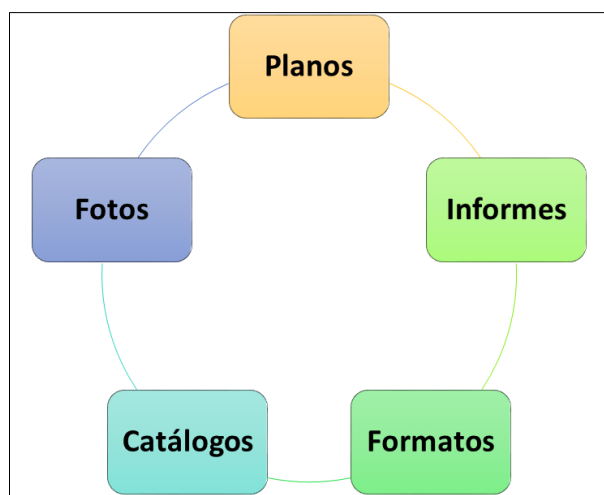


**Gráfico N° 2. 2:** Procesamiento de la información.  
Fuente: Autor, 2016.

La recolección de información secundaria (Ver gráfico N° 2.3), tiene un rol importante al momento de dar forma, consistencia y validez, al presente documento, tal como se detalla a continuación:

- **Planos.-** Son producto del procesamiento lógico en las herramientas informáticas CAD-CAE y *Pipe Flow Expert*.
- **Informes.-** Son documentos que se realizan en forma diaria, en consecuencia a cualquier proceso que se ejecuta dentro del proyecto, que permite tener un mayor control dentro de las decisiones y criterios a considerar en el sistema.
- **Formatos.-** Es el conjunto de las características técnicas y de presentación de un texto, al redactar informes, planos, y el presente documento.

- **Catálogos.-** Hace referencia al conjunto de documentos de carácter científico y técnicos, que permiten tener una mayor contacto y apreciación de datos para el diseño, simulación y construcción del sistema contra incendios.
- **Fotos.-** Permiten tener evidencias físicas y/o digitales, de lo que se considere relevante en el transcurso del desarrollo del proyecto.



**Gráfico N° 2. 3:** Recolección de información secundaria.  
**Fuente:** Autor, 2016.

## 2.2. Premisas de la metodología.

Para el suministro, instalación y montaje, puesta en servicio y programación bajo la modalidad “llave en mano”, del sistema contra incendios para las instalaciones de la Subestación eléctrica – CELEC EP, en la ciudad de Quinindé, Provincia de Esmeraldas, la cual cuenta con dos patios de 138 y 69 kV.

El diseño se ajustará a los siguientes parámetros generales, los cuales están en función de las necesidades establecidas por el contratante CELEC-EP y validadas por el contratista CSED S.A.:

- El sistema de diluvio para enfriamiento del transformador o sistema preventivo de incendio, no constituirá parte del diseño.
- El sistema de extinción constará de dos monitores fijos oscilatorios de agua espuma para combatir un eventual fuego en el transformador.

- El sistema de alarma, se activará en forma manual.
- El volumen de la cisterna para el abastecimiento de agua consta de 212.23 m<sup>3</sup>.

### **2.3. Desarrollo de los códigos y normas NFPA.**

El sistema de desarrollo de los códigos y normas de la NFPA, es un proceso abierto basado en el consenso que ha producido algunos de los más referenciados materiales en la industria de la protección contra incendios, incluyendo el Código Eléctrico Nacional, el Código de Seguridad Humana, el Código Uniforme contra Incendios, y el Código Nacional de Alarmas de Incendios. En el presente capítulo se expondrá las medidas que se adoptará para la protección frente a incendios, así como una evaluación del riesgo en función de dichas medidas, condiciones concretas de la Subestación eléctrica – CELEC EP, en la ciudad de Quinindé, provincia Esmeraldas. Para ratificar la validez de las medidas adoptadas se utilizará el método GRETENER, el cual se aplica con éxito desde 1968.

### **2.4. Evaluación del riesgo de incendio según MEER.**

Considerando el riesgo de incendio que fue analizado mediante la matriz para análisis de riesgo (Ver cuadro N° 2.1), que concierne al estudio de Impacto Ambiental sobre esta subestación eléctrica, realizada por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), el cual en la calificación del riesgo de incendio (Ver cuadro N° 2.2), nos explica que este evento es de tipo moderado y que muy probable ocurra una vez cada 10 a 100 años y que conlleva a consecuencias serias.





- **Tipo V.-** Construcción de gran volumen que favorece y acelera la propagación horizontal y vertical del fuego.

**Cuadro N° 2.3**

Determinación del tipo de construcción para el análisis del riesgo en la subestación.

Tipo de construcción	A MACIZA (Resistencia al fuego definida)	B MIXTA (Resistencia al fuego variable)	C COMBUSTIBLE (Escasa resistencia al fuego)
Compartimento			
Células locales 30 -200 m <sup>2</sup>	Z	Z <sup>1</sup> G <sup>2</sup> V <sup>3</sup>	V
Grandes superficies Plantas separadas entre ellas y > 200 m <sup>2</sup>	G	G <sup>2</sup> V <sup>3</sup>	V
Grandes volúmenes Conjunto del edificio, varias plantas unidas	V	V	V

1.- Separaciones entre células y plantas resistentes al fuego.  
2.- Separaciones entre plantas resistentes al fuego, entre células insuficientemente resistentes al fuego.  
3.- Separaciones entre células y plantas insuficientemente resistentes al fuego.

**Fuente:** Centro Nacional de Prevención de Daños y Pérdidas (CEPREVEN), 1988.

## 2.5.2. Desarrollo del Método Gretener.

### 2.5.2.1. Peligro potencial.

El peligro potencial “P”, permite evaluar las condiciones de riesgo intrínsecas a la actividad industrial desarrollada y a las características de distribución de la subestación.

#### 2.5.2.1.1. Peligros inherentes al contenido de la edificación.

##### I. Carga de incendio mobiliario $Q_m$ , Factor q.

La carga de incendio mobiliario  $Q_m$  (Ver cuadro N° 2.4), viene dada por el poder calorífico de todas las materias combustibles que constituyen las áreas a analizar de la subestación, respecto a la superficie del compartimento dónde estas se encuentran.

**Cuadro N° 2. 4**  
Carga de incendio mobiliario  $Q_m$ , Factor q.

$Q_m$	MJ/m <sup>2</sup>	q	$Q_m$	MJ/m <sup>2</sup>	q	$Q_m$	MJ/m <sup>2</sup>	q
Hasta	50	0,6	401	600	1,3	5001	7000	2,0
51	75	0,7	601	800	1,4	7001	10000	2,1
76	100	0,8	801	1200	1,5	10001	14000	2,2
101	150	0,9	1201	1700	1,6	14001	20000	2,3
151	200	1,0	1701	2500	1,7	20001	28000	2,4
201	300	1,1	2501	3500	1,8	Más de	28000	2,5
301	400	1.2	3501	5000	1,9			

Fuente: CEPREVEN, 1988.

## II. La combustibilidad, Factor c.

Todas las materias sólidas, líquidas y gaseosas se encuentran catalogadas en 6 grados de peligro del 1 al 6 según su grado de combustibilidad. El factor c (Ver cuadro N° 2.5), para cada grado de peligro se considera según la clasificación del Comité Europeo de Seguros (CEA).

**Cuadro N° 2. 5**  
Factor c.

Escala	Clase de riesgo del material	C
1	Fe VI (peligro mínimo)	1.0
1	Fe V	1.0
1	Fe IV	1.0
2	Fe III	1.2
3	Fe II	1.4
4	Fe I (peligro máximo)	1.6

Fuente: CEPREVEN, 1988.

## III. El peligro de humo, Factor r.

El peligro de humo (Ver cuadro N° 2.6), será determinante durante el análisis cuando su valor “r” sea mayor; sin embargo, debe representar; al menos, la décima parte del conjunto de carga térmica  $Q_m$ , contenida en el compartimento considerado. Si existen materias fuertemente fumígenas y cuya carga de fuego sea menor del 10% se tomará como valor  $r = 1,1$ .

**Cuadro N° 2. 6**  
El peligro de humo.

Clasificación de materias y mercancías	Grado	Peligro de humo	r
<b>FU</b>	3	Normal	1.0
	2	Medio	1.1
	1	Grave	1.2

Fuente: CEPREVEN, 1988.

#### **IV. El peligro de corrosión o toxicidad, Factor k.**

El peligro de corrosión o toxicidad (Ver cuadro N° 2.7), dentro de la subestación se encuentra en materiales con base química, estos al momento de su combustión contienen un alto índice k.

**Cuadro N° 2. 7**  
Peligro de corrosión o toxicidad.

Clasificación de materias y mercancías	Peligro de corrosión o toxicidad	k
<b>Co</b>	Normal	1.0
	Medio	1.1
	Grave	1.2

Fuente: CEPREVEN, 1988.

#### **2.5.2.1.2. Peligros inherentes al contenido de la edificación.**

##### **I. La carga de incendio inmobiliaria, Factor i.**

La carga de incendio inmobiliaria (Ver cuadro N° 2.8), depende de la combustibilidad de la construcción portante de la subestación, de los elementos de las fachadas no portantes, así como de los diferentes aislamientos combustibles incorporados a la construcción.

**Cuadro N° 2. 8**  
Carga de incendio inmobiliaria.

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

Fuente: CEPREVEN, 1988.

## II. Nivel de la Subestación Quinindé–CELEC EP o altura útil, Factor e.

En el caso de inmueble de diversas plantas de altura normal el Factor “e”, lo determina el número de plantas, mientras que en las plantas de altura superior a 3 metros, se ha de tomar la cota E del suelo del piso analizado para determinar dicho Factor e (Ver cuadro N° 2.9).

**Cuadro N° 2. 9**  
Factor e.

EDIFICIOS DE UN SOLO NIVEL			
Altura del local E**	e		
	$Q_m$ Pequeño $\leq$ 200 MJ/m <sup>2</sup>	$Q_m$ Mediano, $\leq$ 1000 MJ/m <sup>2</sup>	$Q_m$ Grande, $>$ 1000 MJ/m <sup>2</sup>
<b>Más de 10 m.</b>	1.00	1.25	1.50
<b>Hasta 10 m.</b>	1.00	1.15	1.30
<b>Hasta 7 m.</b>	1.00	1.00	1.00

Fuente: CEPREVEN, 1988.

## III. Relación de longitud / anchura de los compartimentos, Factor g.

Los valores del Factor “g” (Ver cuadro N° 2.10), se representan en función de la superficie del compartimento cortafuego  $AB = l*b$ , así como la relación longitud anchura del compartimento  $l/b$ . Este Factor cuantifica la probabilidad de propagación horizontal de un incendio en la subestación, cuanto más importantes son las dimensiones de un

compartimento cortafuego (AB) más desfavorables son las condiciones de lucha contra el fuego. Los dos parámetros AB y l/b se relacionan en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 2. 10**  
Factor g.

l:b Relación longitud/anchura de los compartimentos cortafuego								Factor dimensional
8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	g
800	770	730	680	630	580	500	400	0,4
1200	1150	1090	1030	950	870	760	600	0,5
1600	1530	1450	1370	1270	1150	1010	800	0,6
2000	1900	1800	1700	1600	1450	1250	1000	0,8
2400	2300	2200	2050	1900	1750	1500	1200	1,0
4000	3800	3600	3400	3200	2900	2500	2000	1,2
6000	5700	5500	5100	4800	4300	3800	3000	1,4
8000	7700	7300	6800	6300	5800	5000	4000	1,6
10000	9600	9100	8500	7900	7200	6300	5000	1,8

Fuente: CEPREVEN, 1988.

### 2.5.2.2. Medidas normales (n).

Estas medidas permitirán evaluar las medidas de protección frente al incendio, consideradas normales. El valor atribuido a cualquier parámetro “n” es 1,00, lo que significa que la presencia de uno de ellos no reduce el riesgo, ni lo empeora. Aquello es causa, a que en este método se considera que estas son las medidas mínimas necesarias y su ausencia penaliza el índice de riesgo obtenido. Las medidas normales de protección de cada área de la subestación (Ver cuadro N° 2.11), se define en la siguiente expresión y posteriormente su respectivo detalle:

$$n = n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * n_5 \quad (2.1)$$

Dónde:

$n_1$  = Extintores portátiles.

$n_2$  = Bocas de incendio equipadas.

$n_3$  = Fiabilidad de las fuentes de agua para extinción.

$n_4$  = Longitud de los conductos para transporte de agua.

$n_5$  = Personal instruido en materia de extinción de incendios.

- **Extintores portátiles,  $n_1$ .**- Extintores homologados, provistos de etiquetas, frecuentemente inspeccionados y reconocidos por las instancias competentes y asegurados contra el incendio.
- **Hidratantes interiores (bocas de incendio equipadas) (BIE),  $n_2$ .**- Deben estar equipados suficientemente para posibilitar una primera intervención del fuego, a realizar por personal instruido del establecimiento.
- **Fiabilidad de la aportación de agua,  $n_3$ .**- Se exigen condiciones mínimas de caudal y de reserva de agua requeridas para responder a tres grados progresivos de peligros, así como a la fiabilidad de la alimentación y de la presión del agua.
- **Conducto de alimentación,  $n_4$ .**- La longitud de manguera considerada es aquella que se requiere de un hidrante exterior de la edificación, hasta el acceso a la edificación.
- **Personal instruido,  $n_5$ .**- Las personas instruidas deben estar habituadas a utilizar los extintores portátiles y las bocas de incendio equipadas en la subestación.

**Cuadro N° 2. 11**  
Medidas normales de protección de cada área de la subestación.

MEDIDAS NORMALES				n	
$n_1$	<b>Extintores portátiles según RT2-EXT</b>				
	Suficientes			1.00	
	Insuficientes o inexistentes			0.90	
$n_2$	<b>Hidratantes interiores según RT2-BIE</b>				
	Suficientes			1.00	
	Insuficientes o inexistentes			0.80	
$n_3$	<b>Fiabilidad de la aportación de agua</b>				
	Condiciones mínimas de caudal		Reserva de agua		
	Riesgo alto/más de 3600 l/min.		Mín. 480 m <sup>3</sup>		
	Riesgo medio/más del 1800 l/min.		Mín. 240 m <sup>3</sup>		
	Riesgo bajo /más de 900 l/min.		Mín. 120 m <sup>3</sup>		
	Depósito elevado con reserva de agua para extinción o bombeos de aguas subterráneas, independiente de la red eléctrica, con depósito.		0.7	0.85	1.00
	Depósito elevado sin reserva de agua para extinción o bombeos de aguas subterráneas, independiente de la red eléctrica.		0.65	0.75	0.90
	Bomba de capa subterránea dependiente de la red, sin reserva.		0.50	0.60	0.70
Aguas naturales con sistemas de impulsión.		0.50	0.55	0.60	
$n_4$	<b>Longitud de la manguera de aportación de agua</b>				
	Long. del conducto < 70 m.			1.00	
	Long. del conducto 70 – 100 m (Distancia entre el hidrante y su entrada)			0.95	
	Long. del conducto > 100 m			0.90	
$n_5$	<b>Personal instruido</b>				
				1.00	
				0.80	

Fuente: CEPREVEN, 1988.

### 2.5.2.3. Medidas especiales (s).

Se establece como medidas especiales de protección (Ver cuadro N° 2.12), las que tienen como función reducir el tiempo de detección, transmisión de la alarma, intervención y las instalaciones fijas de extinción. El Factor “s” de cada área de la subestación, se muestra en la siguiente expresión, y posteriormente su detalle:

$$s = s_1 * s_2 * s_3 * s_4 * s_5 * s_6 \quad (2.2)$$

Dónde:

$s_1$  = Detección del fuego.

$s_2$  = Transmisión de la alarma.

$s_3$  = Disponibilidad de bomberos.

$s_4$  = Tiempo para la intervención de los bomberos.

$s_5$  = Instalaciones de extinción.

$s_6$  = Instalaciones de evacuación de calor y de humo.

- **Detección del fuego,  $s_1$ .**- Se completa la vigilancia propia y permanente de los monitores de espuma implementados en la subestación.
- **Transmisión de la alarma,  $s_2$ .**- Este factor contempla las garantías con las que la señal del detector será transmitida eficazmente hasta los equipos de intervención como: bomberos, policías locales o centrales receptoras de alarmas.
- **Disponibilidad de bomberos,  $s_3$ .**- Se contempla a los bomberos profesionales o bomberos propios de la subestación, prestos para cualquier eventualidad.
- **Tiempo para la intervención de los bomberos,  $s_4$ .**- El tiempo de intervención se cuenta previendo el necesario para la llegada a la subestación, siendo esta suficientemente eficaz, una vez producida la alarma.
- **Instalaciones de extinción,  $s_5$ .**- Este factor califica la acción de extinción. Los valores mencionados no son válidos más que para una protección total del inmueble o de un compartimento cortafuegos de la subestación.



- **Instalaciones de evacuación de calor y de humo,  $s_6$ .**- Permiten reducir el peligro debido a la acumulación de calor bajo el techo de la nave de la subestación.
- a) **Instalaciones mecánicas de evaluación de humos y de calor.**- Una buena medida, aplicable a los inmuebles de varios pisos, consiste en instalar un sistema de ventilación mecánica para la evacuación regular y eficaz de humos y calor, o una instalación de sobrepresión con dispositivos de evacuación del humo.

**Cuadro N° 2. 12**  
Medidas especiales de protección.

MEDIDAS ESPECIALES						s	
$s_1$	<b>Detección del fuego</b>						
	Vigilancia	Al menos 2 rondas durante la noche, y los días festivos				1,05	
		Ronda cada dos horas				1,10	
	Inst. detección	Automática (según RT3-DET)				1,45	
	Inst. rodadores	Automática (según RT1-ROC)				1,20	
$s_2$	<b>Transmisión de la alarma al puesto de alarma contra fuego</b>						
	Desde un puesto ocupado permanentemente (portería) y un teléfono.					1,05	
	Desde un puesto ocupado permanentemente (De noche al menos 2 personas) y un teléfono.					1,10	
	Transmisión de la alarma automática por central de detección o de rociadores a puesto de alarma contra el fuego mediante teletransmisor.					1,10	
	Transmisión de la alarma automática por central de detección o de rociadores a puesto de alarma contra el fuego mediante línea telefónica vigilada permanentemente (línea reservada o TUS).					1,20	
$s_3$	<b>Cuerpos de Bomberos Oficiales (SP) y de empresa (SPE)</b>						
	Oficiales SP		SPE Nivel 1	SPE Nivel 2	SPE Nivel 3	SPE Nivel 4	Sin SPE
	Cuerpos SP		1,20	1,30	1,40	1,50	1,00
	SP + alarma simultánea		1,30	1,40	1,60	1,60	1,15
	SP + alarma simultánea + TP		1,40	1,50	1,60	1,70	1,30
	Centro B		1,45	1,55	1,65	1,75	1,35
	Centro A		1,50	1,60	1,70	1,80	1,40
	Centro A + Retén		1,55	1,65	1,75	1,85	1,45
SP Profesional		1,70	1,75	1,80	1,90	1,60	
$s_4$	<b>Escalones de intervención de los cuerpos locales de bomberos.</b>						
	Escalón	Inst. Sprinkler		SPE	SPE	SPE	Sin
	Tiempo/distancia	Clase 1	Clase 2	Nivel 1-2	Nivel 3	Nivel 4	SPE
	E1 < 15 min.< 5 km.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	E2 < 30 min. < 5km.	1,00	0,95	0,90	0,95	1,00	0,80
	E3 > 30 min.	0,95	0,90	0,75	0,90	0,95	0,60
$s_5$	<b>Instalaciones de extinción</b>						
	Sprinkler clase 1 (abastecimiento doble)					2,00	
	Sprinkler clase 2 (abastecimiento sencillo o superior) o instalación de agua pulverizada.					1,70	
	Protección automática de extinción por gas (protección de local).					1,35	
$s_6$	<b>Instalación de evaluación de humos (ECF) (automática o manual)</b>					1,30	

Fuente: CEPREVEN, 1988.

#### 2.5.2.4. Medidas de protección inherentes a la construcción ( $f$ ).

Con el cálculo de todos los factores “ $f$ ”, se evalúa la capacidad al fuego propia de la edificación que alberga las instalaciones. El factor “ $f$ ” de cada área de la subestación (Ver cuadro N° 2.13), viene dado por el producto de cada uno de los subfactores “ $f$ ”, tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$f = f_1 * f_2 * f_3 * f_4 \quad (2.3)$$

Dónde:

$f_1$  = Resistencia al fuego de la estructura portante del edificio.

$f_2$  = Resistencia al fuego de las fachadas.

$f_3$  = Resistencia al fuego de las separaciones entre plantas.

$f_4$  = Dimensión de las células cortafuegos.

En el siguiente cuadro, se presenta los factores  $f$ , de las células cortafuego según las dimensiones y la resistencia al fuego de los elementos de compartimentación y según la importancia de la relación entre las superficies vidriadas y la superficie del compartimento AF/AZ.

**Cuadro N° 2. 13**  
Factor F, de cada área de la subestación.

MEDIDAS INHERENTES A LA CONSTRUCCIÓN					f
<b>f<sub>1</sub></b>	<b>Estructuras portante (elementos portantes: paredes, dinteles, pilares)</b>				
	F90 y más				<b>1,30</b>
	F30 / F60				<b>1,20</b>
	< f30				<b>1,00</b>
<b>f<sub>2</sub></b>	<b>Fachadas</b>				
	<b>Altura de las ventanas ≤ 2/3 de la altura de planta</b>				
	F90 y más				<b>1,15</b>
	F30 / F60				<b>1,10</b>
	<F30				<b>1,00</b>
<b>f<sub>3</sub></b>	<b>Suelos y techos</b>				
	Separación horizontal entre niveles	Número de pisos	Aberturas verticales		
			Z+G	V	V
			Ninguna u obturadas	Protegidas	No protegidas
	F90	≤2	1,20	1,10	1,00
		>2	<b>1,30</b>	1,15	1,00
	F30 / F60	≤2	1,15	1,05	1,00
		>2	1,20	1,10	1,00
	<F30	≤2	1,05	1,00	1,00
		>2	1,10	1,05	1,00
<b>f<sub>4</sub></b>	<b>Superficies de células</b>				
	Cortafuegos provistas de tabiques F30 puertas corta fuegos T30. Relación de las superficies AF/AZ		≥10%	< 10%	< 5%
	AZ <50 m <sup>2</sup>		1,40	1,30	1,20
	AZ <100 m <sup>2</sup>		1,30	1,20	1,10
	AZ ≤ 200 m <sup>2</sup>		1,20	1,10	1,00

Fuente: CEPREVEN, 1988.

### 2.5.3. Exposición al riesgo.

La exposición al riesgo de incendio **B**, es el producto de todos los factores de peligro **P**, divididos por el producto de todos los Factores de protección **M**, de la subestación:

$$B = \frac{P}{M} \quad (2.4)$$

Reemplazando los valores se obtiene la siguiente fórmula:

$$B = \frac{q * c * r * k * i * e * g}{N * S * F} \quad (2.5)$$

#### 2.5.4. Riesgo de incendio efectivo.

El riesgo de incendio efectivo **R**, es el resultado del valor de la exposición al riesgo **B**, multiplicado por el Factor **A** definido como el peligro de activación que cuantifica la posibilidad de ocurrencia de un incendio dentro de la subestación:

$$R = B * A \quad (2.6)$$

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

#### 2.5.5. Riesgo de incendio aceptado.

El riesgo de incendio aceptado **R<sub>u</sub>**, se calcula partiendo de un riesgo normal corregido por medio de un Factor que tenga cuenta el mayor o menor peligro para las personas de la subestación. El método recomienda fijar el valor límite admisible detallado con la siguiente expresión:

$$R_u = R_n * P_{H*E} \quad (2.7)$$

Dónde:

**R<sub>n</sub>**: Riesgo de incendio normal: 1,3.

**P<sub>H\*E</sub>**: Factor de corrección del riesgo normal, en función del número de personas y del nivel de la Subestación Quinindé – CELEC EP a que se aplique el método.

Por lo tanto:

**P<sub>H\*E</sub>** < 1, para peligro de personas elevado.

**P<sub>H\*E</sub>** = 1, para peligro de personas normal.

**P<sub>H\*E</sub>** > 1, para peligro de personas bajo.

El factor de corrección para establecimientos y edificaciones con una sola planta y que admite a más de 1000 personas se fija en 1,00.

### 2.5.6. Seguridad contra incendios.

El cociente  $\gamma$  de la seguridad contra incendio resulta de la comparación del riesgo aceptado con el riesgo normal. La seguridad contra el incendio es suficiente, siempre y cuando el riesgo efectivo  $R$  no sea superior al Riesgo aceptado  $R_u$ . El factor de seguridad contra incendio  $\gamma$  se expresa de tal forma que:

$$\gamma = \frac{R_u}{R} \geq 1 \quad (2.8)$$

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

De acuerdo al diagnóstico realizado mediante el método Gretener se determina que la Subestación Eléctrica Quinindé – CELEC EP, contará con eficiente sistema contra incendio esto se debe a que toma en cuenta la seguridad industrial cumpliendo las normas y capacitando a los trabajadores para que de esta manera tengan conocimiento de cómo se actuar en caso que se presente un incendio.

En base al método Gretener, para un grado de riesgo medio, y un caudal de bombeo de aproximadamente, 1800 l/min = 467.53 GPM la cisterna del sistema debe tener alrededor de 240 m<sup>3</sup> de capacidad, para nuestro caso el volumen de la cisterna es de 212.23 m<sup>3</sup>, lo cual satisface el requerimiento de acuerdo al método Gretener en un 88.23%. Por tal motivo de acuerdo a norma NFPA 20, versión 2013, se considerará en el presente cálculo una bomba normalizada de 500 GPM, FM / UL. Para una bomba de 500 GPM, de acuerdo a la NFPA 20, sección 4.20.8.3.4, debe cumplir los siguientes dos métodos:

1. Cuando la tubería entre, el cabezal de la válvula de la manguera y la conexión a la tubería de descarga de la bomba tiene una longitud mayor a 15pies (4.5m), debe utilizarse el tamaño de tubería mayor.
2. Se permite que está tubería sea dimensionada mediante cálculos hidráulicos basados en un flujo total del 150 por ciento de la capacidad nominal de la bomba, incluyendo los siguientes:

Este cálculo debe incluir la pérdida de fricción para la longitud total de la tubería más las longitudes equivalentes de accesorios, válvulas de control y válvulas de manguera, más pérdida de elevación, desde la brida de descarga de la bomba hasta las salida de la válvulas monitores de espuma y cajetines de manguera, como se adjunta en el presente informe más adelante.

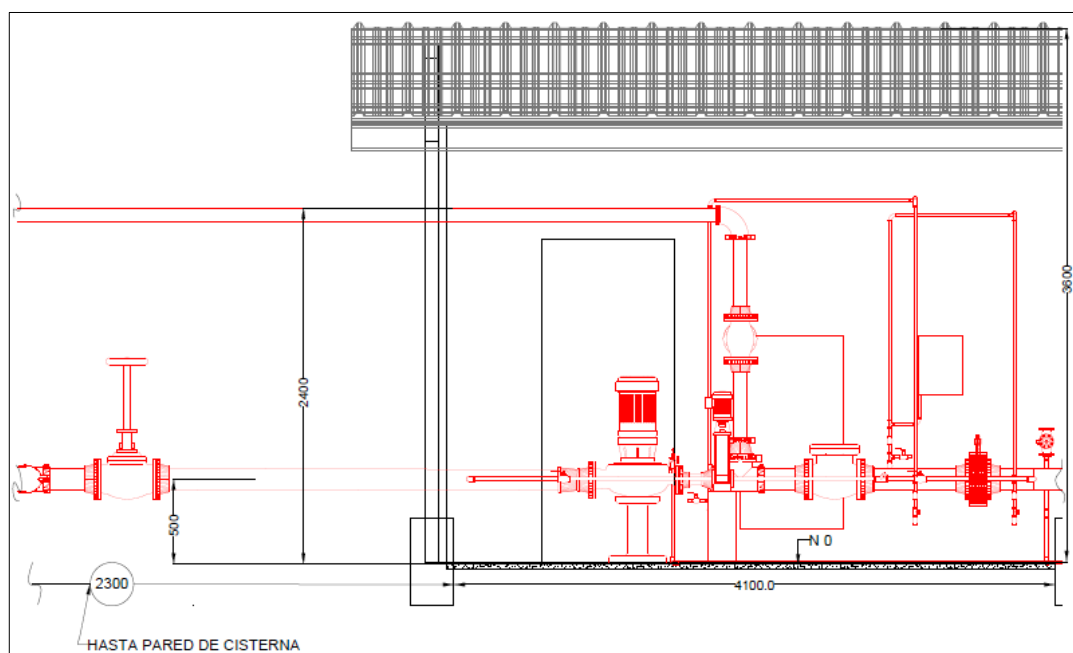
Fundamentándose de la tabla del Anexo A obtenida del código ASME/ANSI B36.10/19 *Schedule 40 Steel Pipes*, se puede determinar que para un flujo máximo del 150% que está en el orden de los 750 GPM para el siguiente sistema, una tubería de 5 a 6 pulgadas de diámetro satisface los requerimientos del sistema, lo cual debemos comparar de acuerdo a normativa de la NFPA 20, sección 20-24, tabla 4.26, la cual nos recomienda dependiendo del tipo de bomba a instalar y su caudal, los diámetros de succión, descarga, válvula de alivio, dispositivo de medición, cantidad y tamaño de las válvulas de manguera y el suministro de cabezal de manguera, como consta en el cuadro del Anexo B.

## **2.6. Determinación del TDH.**

Una bomba debe vencer la resistencia de un sistema de bombeo para lograr que el líquido fluya totalmente en el sistema, esta resistencia al flujo del líquido es conocida como Altura Dinámica Total del sistema (TDH), se compone de: la altura estática y altura dinámica.

### 2.6.1. Altura estática.

En el esquema para determinación de altura estática (Ver gráfico N° 2.4), se representa la resistencia del sistema antes de que el fluido entre en movimiento, los componentes primarios de la altura estática son las diferencias de elevación ( $\Delta h$ ) entre: la superficie del líquido al punto de succión y la superficie de líquido al punto de descarga. La altura estática también cuenta con el diferencial de presión ( $\Delta P$ ), entre el punto de succión y el punto de descarga.



**Gráfico N° 2. 4:** Esquema para determinación de altura estática.

**Fuente:** Autor, 2016.

Calculando el diferencial de altura, mediante la siguiente ecuación, tenemos:

$$\Delta h = h - c \quad (2.9)$$

Dónde:

$h$  = Diferencial de la superficie del líquido al punto de descarga (psi).

$c$  = Diferencial de la superficie del líquido al punto de succión (psi).

$\Delta h$  = Diferencial de altura (psi).

Entonces,

$$\begin{aligned}\Delta h &= 2,42 - 1,42 \\ \Delta h &= 1 \text{ psi}\end{aligned}$$

Una vez calculado el diferencial de altura, se asume que al final de la descarga se tendrá un diferencial de presión de 94,5 psi, presión necesaria para llegar a la parte superior del transformador (138 kV – 69 kV) de la subestación con una altura de 12 metros y una distancia al centro del eje de 18 metros, medidos desde el monitor de espuma. Finalmente para la estimación de la altura estática.

$$\text{Altura estática} = \Delta h + \Delta P \quad (2.10)$$

Dónde:

$\Delta h$  = Diferencial de altura (psi).

$\Delta P$  = Diferencial de presión (psi).

Entonces,

$$\begin{aligned}\text{Altura estática} &= 2,15 + 94,5 \\ \text{Altura estática} &= 96,65 \text{ psi}.\end{aligned}$$

### 2.6.2. Altura dinámica.

Representa la resistencia del sistema mientras el fluido bombeado está en movimiento, y aparecen una vez que el líquido comienza a fluir a través del sistema de bombeo.

Estas pérdidas son debidas a la fricción y son llamadas “Perdidas por fricción”, están en función de la capacidad, y se compone de dos partes:

- Cada elemento del sistema de bombeo contribuye a las pérdidas de altura dinámica a través de las “Perdidas por fricción”, e incrementan en función de la longitud de la tubería y con la capacidad.



- Al acelerar el fluido bombeado de cero a una velocidad final requiere energía, esto es conocido como Columna de velocidad, la cual está simplemente función de la velocidad del líquido fluyendo a través del sistema de bombeo, este valor es frecuentemente pequeño y generalmente despreciado y sus valores vienen dados en tablas de pérdidas por fricción, y se puede estimar mediante la ecuación:

$$H_v = \frac{V^2}{2g} = 0,0155 V^2 \quad (2.11)$$

Siendo V, la velocidad del fluido en ft/s.

En este caso, el detalle del cálculo se puede apreciar en el Anexo C. Finalmente, el TDH, representa la sumatoria entre la altura estática y dinámica, entonces:

$$TDH = \text{Altura estática (psi)} + \text{Altura dinámica(psi)} \quad (2.12)$$

$$TDH = 96,65 + 13,20$$

$$TDH = 96,65 + 13,20$$

$$TDH = 109,85 \text{ psi} \cong 110 \text{ psi}$$

## 2.7. Cálculo de la dilatación térmica de las tuberías.

La dilatación térmica de las tuberías se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Dilatación} = L * \Delta_t * \alpha \text{ (mm)} \quad (2.13)$$

Dónde:

**L** = Longitud de tubería entre uniones.

$\Delta_t$  = Diferencia de temperatura.

**A** = Coeficiente de dilatación (mm/m °C)\*10<sup>-3</sup>

**Cuadro N° 2. 14**  
Coeficientes de dilatación.

Material	Rango de temperatura °C							
	< 0	0 - 100	0 - 200	0 - 315	0 - 400	0 - 485	0 - 600	0 - 700
Acero suave 0,1-0,2 % C	12,8	14,0	15,0	15,6	16,2	17,8	17,5	-
Acero aleado 1 % Cr 0,5 % Mo	13,8	14,4	15,1	15,8	16,6	17,3	17,6	-
Acero inoxidable 18 % Cr 8 % Ni	9,4	20,0	20,9	21,2	21,8	22,3	22,7	23,0

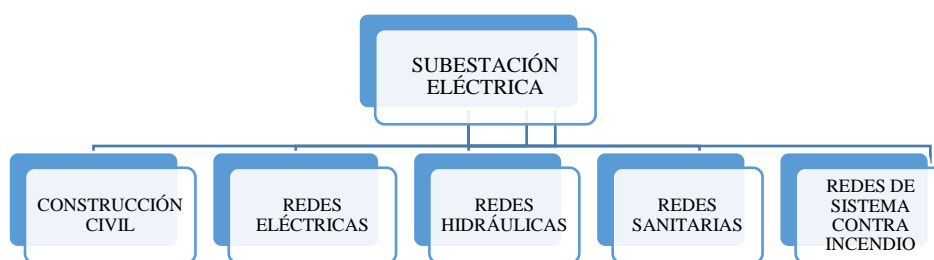
**Fuente:** Distribución del vapor. Spirax Sarco, 2010.

Los coeficientes de dilatación del cuadro N° 2.14, es información tomada del libro de Spirax Sarco de distribución de fluidos, ver Anexo D.

Para la ciudad de Quindé la temperatura máxima ambiente registrada es de 35 °C y la mínima temperatura promedio registrada es de 20 °C, entre el día y la noche, por lo que la diferencia de temperatura será 15 °C. Por lo tanto el coeficiente de dilatación en nuestro caso es  $14,4 \cdot 10^{-3} \text{ mm/m}^\circ\text{C}$ .

## 2.8. Generación de variantes de diseño.

Para la generación de las variantes de diseño, hay que tener presente el esquema de la ubicación del sistema contra incendios (Ver gráfico N° 2.5). De tal forma, la generación de variantes de diseño de estas redes recibe, en calidad de información directiva, los planos de la edificación, en los que se especifican todos los detalles constructivos de los locales o áreas de interés para aplacar futuros incendios.



**Gráfico N° 2. 5:** Esquema de la ubicación del Sistema Contra Incendios.

**Fuente:** Autor, 2016.

A partir de la consulta en la bibliografía especializada en el tema de estudio, entrevistas efectuadas a numerosos especialistas y empresarios vinculados a los proyectos de construcción de sistemas contra incendio predominaron en calidad de  *criterios de eficiencia* los siguientes:

1. Mínimo costo de la instalación considerando los materiales empleados y los gastos de mano de obra:  $C$ .
2. Nivel adecuado de pérdidas de carga en el sistema contra incendio en condiciones de pleno consumo:  $P$ .
3. Satisfacción de las restricciones impuestas por normas de seguridad y funcionamiento de estos sistemas.

El diseño general de la red de conductos se debe efectuar por alguno de los procedimientos siguientes:

- Definición de la trayectoria, con la especificación detallada de las características constructivas de los tramos de la red.
- Entrega de series ordenadas de opciones racionales de diseño para redes de conductos, con participación del usuario en la toma de decisiones.

De esta manera surge una estructura jerárquica en la cual se deben tener en cuenta los principales Factores, así como sus interrelaciones para obtener un Sistema Integral de Diseño Automatizado de Redes Contra Incendios (SIDARCI) (Ver gráfico N° 2.6).

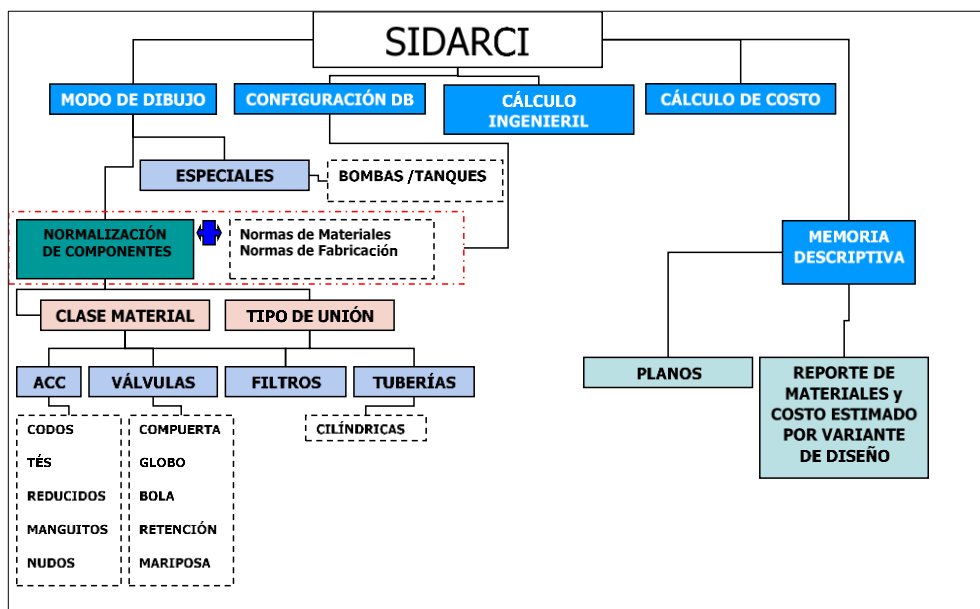


Gráfico N° 2. 6: SIDARCI.

Fuente: Autor, 2016.

A partir de cada variante de solución propuesta se estimará el costo y las pérdidas energéticas de la misma, y el usuario podrá definir la variante de diseño más efectiva para su condición y ejecución del proyecto.

El costo del proyecto en general podríamos definirlos en tres etapas por la ecuación matemática siguiente:

$$CTP = CD + CM + CMon. \quad (2.14)$$

Dónde:

**CTP:** Costo total del proyecto

**CD:** Costo de diseño

**CM:** Costo de materiales

**CMon:** Costo de Montaje

Las pérdidas energéticas estarán definidas por la expresión siguiente:

$$Hrt = \sum_1^n Hrp_n + \sum_1^j Hrs_j + \sum_1^k Hb_k \quad (2.15)$$

Dónde:

**Hrt:** Pérdidas totales en el sistema.

**Hrp<sub>n</sub>:** Pérdidas primarias en cada ramal *n* del sistema.

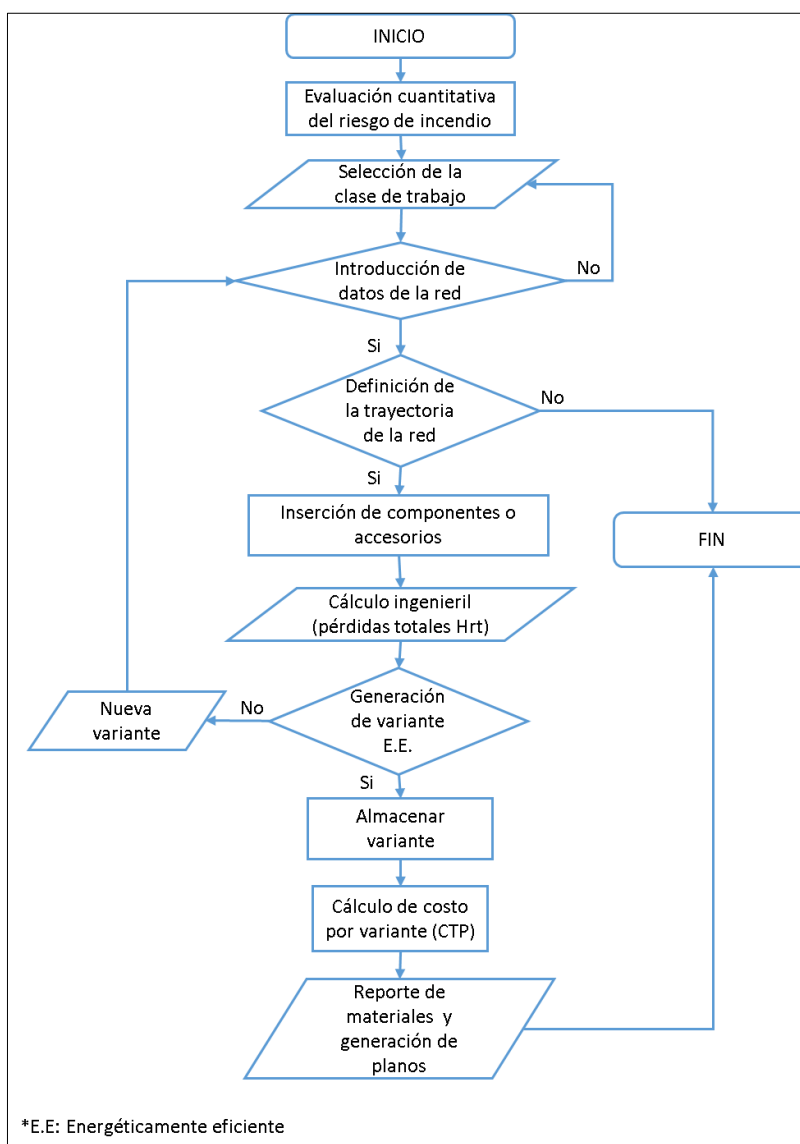
**Hrs<sub>j</sub>:** Pérdidas secundarias en cada accesorio *j* del sistema.

**Hb<sub>k</sub>:** Pérdidas en cada equipo impulsor de flujo *k* del sistema.

Una vez realizado los cálculos de pérdidas y costos asociados a cada variante de diseño generada se debe establecer un modelo capaz de evaluar ambos indicadores y ofrecer un valor ponderado para cada variante de solución que permita ordenarlas según el criterio de mayor influencia para el diseñador. Este es sin duda, un modelo de optimización multiobjetivo que aportará la discretización de las variantes de solución ayudando así la toma de decisiones. En la presente investigación, se realiza la evaluación y selección por

criterio evaluativo del diseñador, teniendo en cuenta los valores de los indicadores correspondientes a cada variante de solución, ya que no se ha implementado un modelo matemático para realizarlo de forma automatizada.

A partir de la estructura jerárquica propuesta se propone un flujograma de procedimiento (Ver gráfico N° 2.7), que permite la generación de variantes de solución y el cálculo de los indicadores de eficiencia (pérdidas y costo).



**Gráfico N° 2. 7:** Flujograma de procedimiento  
**Fuente:** Autor, 2016.

## CAPITULO III

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Introducción.

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos según el Método Gretener, los cuales son las bases para el diseño del sistema contra incendios en la subestación eléctrica, en dónde por simple inspección los dos patios de transformación son el mayor peligro, también se muestra parte de lo que corresponde el diseño del sistema hidráulico, simulación, selección adecuada de la bomba principal y auxiliar, listado de equipos, tuberías y accesorios, para la red del sistema hidráulico y la dilatación térmica de las tuberías, todo esto en términos de eficiencia energética.

#### 3.2. Análisis y evaluación del riesgo de incendio.

La superficie de la subestación a evaluar, estará dividida por zonas las cuales son escogidas estratégicamente de los planos de la misma, de acuerdo a su ubicación y peligrosidad, considerándolas acorde al tipo de su construcción, según epígrafe 2.5.1.

- a) Grupo diésel con:  $33 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Tipo Z}$ .
- b) Área de casa de control con:  $340 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Tipo G}$ .
- c) Área de transformadores con:  $28.09 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Tipo Z}$ .
- d) Bodega con:  $63 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Tipo Z}$ .

#### 3.2.1. Resultados de la evaluación mediante el Método Gretener.

##### 3.2.1.1. Carga de incendio mobiliario $Q_m$ , Factor q.

La carga de incendio mobiliario  $Q_m$ , por área de la subestación (Ver cuadro N° 3.1), acorde a criterios del epígrafe 2.5.2.1.1 – I, el detalle completo de este resultado se encuentra en el Anexo E.

**Cuadro N° 3. 1**  
Carga de incendio mobiliario por área de la subestación.

Datos de las actividades								
id	Tipo	Actividad industrial	Ra	qvi o qsi MJ/m3 o MJ/m2	Ci	hi m	Si m2	Suma
1	Almac.	Aceites: mineral, vegetal y animal	2	18900	1.6	1	1	30240
2	Almac.	Aparatos electricos	1	400	1.3	1	1	520
3	Almac.	Cables	1.5	600	1.3	1	1	780
Mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa más del 10% de la suma de superficies			Ra	2	Total			31540
<b>QS = 31540 / 33 x 2 = 1912 MJ/m2</b>								

**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

Realizando el procedimiento de cálculo que consta en la carga de incendio mobiliario por áreas (Ver cuadro N° 3.2), procedemos a realizar los cálculos para las demás áreas.

**Cuadro N° 3. 2**  
Carga de incendio mobiliario por áreas.

Área	$Q_m$ (MJ/m <sup>2</sup> )	Factor q
<b>Grupo diésel</b>	1912	1.70
<b>Casa de control</b>	1242	1.60
<b>Transformadores</b>	17054	2.30
<b>Bodega</b>	195	1.00

**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.1.2.La combustibilidad, Factor c.

La combustibilidad por áreas (Ver cuadro N° 3.3), describe los valores de este factor por cada área de la subestación, considerando los criterios del epígrafe 2.5.2.1.1 – II.

**Cuadro N° 3. 3**  
La combustibilidad por áreas.

Área	Factor c
<b>Grupo diésel</b>	1.40
<b>Casa de control</b>	1.20
<b>Transformadores</b>	1.60
<b>Bodega</b>	1.00

**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.1.3.El peligro de humo, Factor r.

El peligro de humo por áreas (Ver cuadro N° 3.4), está en función del epígrafe 2.5.2.1.1 – III.

**Cuadro N° 3. 4**  
El peligro de humo por áreas.

Área	Factor r
<b>Grupo diésel</b>	1.10
<b>Casa de control</b>	1.10
<b>Transformadores</b>	1.20
<b>Bodega</b>	1.00

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.1.4.El peligro de corrosión o toxicidad, Factor k.

Al existir materias que presenten un gran peligro de corrosión o toxicidad y su participación en la carga mobiliaria total es inferior al 10% se fijará para coeficiente **k = 1,1**. Para determinar el peligro de corrosión o toxicidad por áreas (Ver cuadro N° 3.5), en la subestación se consideró el epígrafe 2.5.2.1.1 – IV.

**Cuadro N° 3. 5**  
Peligro de corrosión o toxicidad por áreas.

Área	Factor k
<b>Grupo diésel</b>	1.10
<b>Casa de control</b>	1.10
<b>Transformadores</b>	1.20
<b>Bodega</b>	1.00

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.1.5.La carga de incendio inmobiliaria, Factor i.

La carga de incendio inmobiliaria por áreas (Ver cuadro N° 3.6), está en base al epígrafe 2.5.2.1.2 – I.



**Cuadro N° 3. 6**  
Carga de incendio inmobiliaria por áreas.

Área	Factor i
<b>Grupo diésel</b>	1.00
<b>Casa de control</b>	1.00
<b>Transformadores</b>	1.00
<b>Bodega</b>	1.00

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.1.6. Nivel de la Subestación Quinindé–CELEC EP o altura útil, Factor e.

La altura útil por áreas (Ver cuadro N° 3.7), fue determinada en base al epígrafe 2.5.2.1.2 – II.

**Cuadro N° 3. 7**  
Altura útil por áreas.

Área	Factor e
<b>Grupo diésel</b>	1.00
<b>Casa de control</b>	1.00
<b>Transformadores</b>	1.00
<b>Bodega</b>	1.00

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.1.7. Relación de longitud / anchura de los compartimentos, Factor g.

El factor “g” por áreas (Ver cuadro N° 3.8), fue determinado en base al epígrafe 2.5.2.1.2 – III:

**Cuadro N° 3. 8**  
Factor g, por áreas.

Área	Superficie (m <sup>2</sup> )	Dimensiones	Factor g
<b>Grupo diésel</b>	33.00	Longitud: 6 Ancho: 5.5 l/b: 1.091	0.40
<b>Casa de control</b>	340.00	Longitud: 13.7 Ancho: 24.74 l/b: 1.806	0.40
<b>Transformadores</b>	28.09	Longitud: 5.30 Ancho: 5.30 l/b: 1.000	0.40
<b>Bodega</b>	63.00	Longitud: 7.00 Ancho: 9.00 l/b: 1.286	0.40

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.1.8. Medidas normales, Factor n.

Tomando los criterios del epígrafe 2.5.2.2, se determinaron las medidas normales de protección contra incendio (Ver cuadro N° 3.9), por cada área de la subestación:

**Cuadro N° 3. 9**  
Medidas normales de protección contra incendio.

Área	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$n_5$	N
<b>Grupo diésel</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>
<b>Casa de control</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>
<b>Transformadores</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>
<b>Bodega</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>1.00</b>

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.1.9. Medidas especiales, Factor s.

Las medidas especiales por áreas (Ver cuadro N° 3.10), están en función de lo establecido en el epígrafe 2.5.2.3.

**Cuadro N° 3. 10**  
Medidas especiales por áreas.

Área	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$	N
<b>Grupo diésel</b>	1.05	1.05	1.20	1.00	1.00	1.00	<b>1.32</b>
<b>Casa de control</b>	1.05	1.05	1.20	1.00	1.00	1.00	<b>1.32</b>
<b>Transformadores</b>	1.05	1.05	1.20	1.00	1.00	1.00	<b>1.32</b>
<b>Bodega</b>	1.05	1.05	1.20	1.00	1.00	1.00	<b>1.32</b>

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.1.10. Medidas de protección inherentes a la construcción, Factor f.

El factor “f” por área (Ver cuadro N° 3.11), está en función de lo establecido en el epígrafe 2.5.2.3.

**Cuadro N° 3. 11**  
Factor f por áreas.

Área	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	F
<b>Grupo diésel</b>	1.30	1.15	1.30	1.40	<b>2.72</b>
<b>Casa de control</b>	1.30	1.15	1.30	1.20	<b>2.33</b>
<b>Transformadores</b>	1.30	1.15	1.30	1.40	<b>2.72</b>
<b>Bodega</b>	1.30	1.15	1.30	1.30	<b>2.53</b>

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.2. Exposición al riesgo.

El factor de exposición al riesgo (Ver cuadro N° 3.12), fue analizado por cada área, considerando el epígrafe 2.5.3.:

**Cuadro N° 3. 12**  
Factor de exposición al riesgo.

Área	<i>q</i>	<i>c</i>	<i>r</i>	<i>k</i>	<i>i</i>	<i>e</i>	<i>g</i>	N	S	F	B
<b>Grupo diésel</b>	1.70	1.40	1.10	1.10	1.00	1.00	0.40	1.00	1.32	2.72	<b>0.32</b>
<b>Casa de control</b>	1.60	1.20	1.10	1.10	1.00	1.00	0.40	1.00	1.32	2.33	<b>0.30</b>
<b>Transformadores</b>	2.30	1.60	1.20	1.20	1.00	1.00	0.40	1.00	1.32	2.72	<b>0.59</b>
<b>Bodega</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.40	1.00	1.32	2.53	<b>0.12</b>

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.3. Riesgo de incendio efectivo.

Los valores del peligro de activación (Ver cuadro N° 3.13), se determinaron en base a criterios de epígrafe 2.5.4:

**Cuadro N° 3. 13**  
Valores del peligro de activación.

Área	B	A	R
<b>Grupo diésel</b>	0.32	1.45	<b>0.46</b>
<b>Casa de control</b>	0.30	1.45	<b>0.44</b>
<b>Transformadores</b>	0.59	1.80	<b>1.06</b>
<b>Bodega</b>	0.12	1.00	<b>0.12</b>

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

### 3.2.4. Riesgo de incendio aceptado.

Tomando las consideraciones enunciadas en el epígrafe 2.5.5., se estableció el Riesgo de incendio aceptado por áreas (Ver cuadro N° 3.14).

**Cuadro N° 3. 14**

Riesgo de incendio aceptado por áreas.

Área	$R_n$	$P_{H*E}$	$R_u$
<b>Grupo diésel</b>	1.30	1.00	<b>1.30</b>
<b>Casa de control</b>	1.30	1.00	<b>1.30</b>
<b>Transformadores</b>	1.30	1.00	<b>1.30</b>
<b>Bodega</b>	1.30	1.00	<b>1.30</b>

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

**3.2.5. Seguridad contra incendios**

La seguridad contra incendio por área (Ver cuadro N° 3.15), fue determinada considerando el ítem 2.5.6.

**Cuadro N° 3. 15**

Seguridad contra incendio por áreas.

Área	$R_n$	$R$	$\gamma$
<b>Grupo diésel</b>	1.30	0.46	<b>2.80</b>
<b>Casa de control</b>	1.30	0.44	<b>2.89</b>
<b>Transformadores</b>	1.30	1.06	<b>1.23</b>
<b>Bodega</b>	1.30	0.12	<b>10.86</b>

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

Como  $\gamma > 1$ , las áreas analizadas de la Subestación Quinindé – CELEC EP, están suficientemente protegidas contra el incendio.

Los datos obtenidos anteriormente en relación a la Seguridad Contra Incendio en el Grupo Diésel (Ver cuadro N° 3.16), son suficientes debido a que las necesidades de seguridad seleccionadas se adaptan a los objetivos de protección y con ello  $\gamma \geq 1$ .

**Cuadro N° 3. 16**  
Seguridad Contra Incendio en el Grupo Diésel.

ÁREA EVALUADA		GRUPO DIÉSEL	
TIPO DE CONCEPTO			
q	Carga térmica mobiliaria	$Q_m = \text{MJ/m}^2$	1.70
c	Combustibilidad		1.40
r	Peligro de humos		1.10
k	Peligro de corrosión		1.10
i	Carga térmica inmobiliaria		1.00
e	Nivel de la Planta		1.00
g	Superficie del comportamiento		0.40
<b>P</b>	<b>PELIGRO POTENCIAL</b>	$q*c*r*k*i*e*g$	<b>1.15</b>
n1	Extintores portátiles		1.00
n2	Hidratantes interiores, BIE		1.00
n3	Fuentes de agua, fiabilidad		1.00
n4	Conductos de agua		1.00
n5	Personal instruido		1.00
<b>n</b>	<b>MEDIDAS NORMALES</b>	$n1*n2*n3*n4*n5$	<b>1.00</b>
s1	Detección del fuego		1.05
s2	Transmisión de alarma		1.05
s3	Disponibilidad de bomberos		1.20
s4	Tiempo para intervención		1.00
s5	Instalación de extinción		1.00
s6	Instalación evacuación de humo		1.00
<b>s</b>	<b>MEDIDAS ESPECIALES</b>	$s1*s2*s3*s4*s5*s6$	<b>1.32</b>
f1	Estructura portante		1.30
f2	Fachadas		1.15
f3	Forjados		1.30
f4	Dimensiones de las células		1.40
<b>f</b>	<b>MEDIDAS DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	$f1*f2*f3*f4$	<b>2.72</b>
B	Estructura portante	$(P/n*s*f)$	0.32
A	Fachadas		1.45
<b>R</b>	<b>RIESGO DE INCEDIO EFECTIVO</b>	<b>B*A</b>	<b>0.46</b>
<del>H</del> E	Situación de peligro		1.00
Ru	Fachadas	$1,3PH*E$	1.30
$\gamma$	<b>SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS</b>	$\frac{R_u}{R}$	<b>2.80</b>

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

De acuerdo a las especificaciones anteriormente descritas, concernientes al Anexo A y Anexo B y a la tabla 4.26 de la normativa NFPA 20: sección 20-24, se diseñará el sistema bajo las siguientes consideraciones:

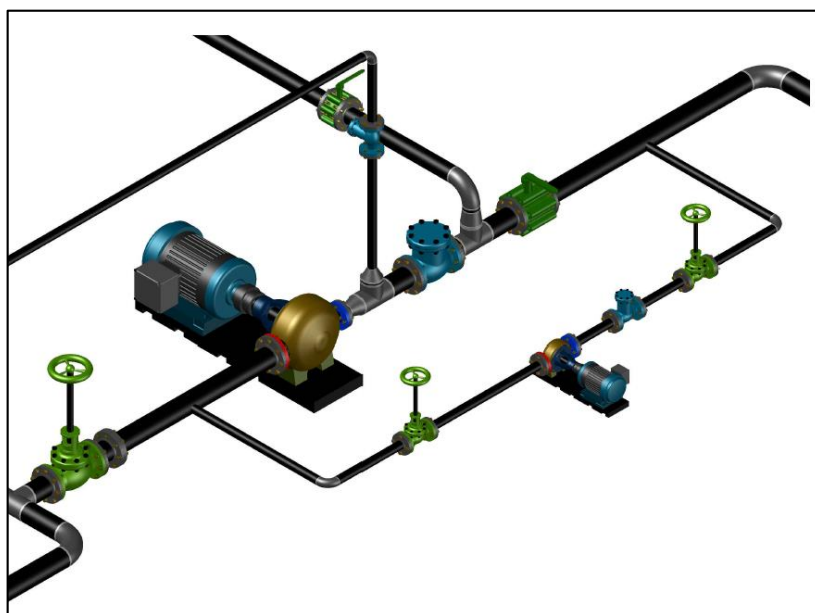
- Diámetro de la tubería de succión: 6 pulgadas.

- Diámetro de la tubería de descarga: 6 pulgadas.
- Diámetro válvulas de succión: 6 pulgadas.
- Diámetro válvulas de descarga: 6 pulgadas.
- Diámetro válvulas de retención: 6 pulgadas.

Las tuberías, válvulas y uniones vitáulicas seleccionadas se dimensionarán cumpliendo la normativa establecida NFPA 20, NFPA 24, NFPA 25, NFPA 13, versión 2013.

### 3.3. Diseño y simulación hidráulica.

Para el diseño y simulación hidráulica (Ver gráfico N° 3.1) del presente sistema contra incendios se utilizó el software de ingeniería *AutoCAD* y una aplicación sobre *AutoCAD* llamada *Paint Pipe*, con el cual se trazó el diagrama en 3D de las instalaciones, de acuerdo a requerimientos del contratante, los planos de la instalación completa, así como sus detalles constructivos se encuentran en los anexos de planos de la presente tesis.



**Gráfico N° 3. 1:** Diseño y simulación hidráulica.  
**Fuente:** AutoCAD – Paint Pipe.

Para la simulación cálculo hidráulico y simulación del sistema se utilizó el software Profesional denominado *Pipe Flow Expert*.

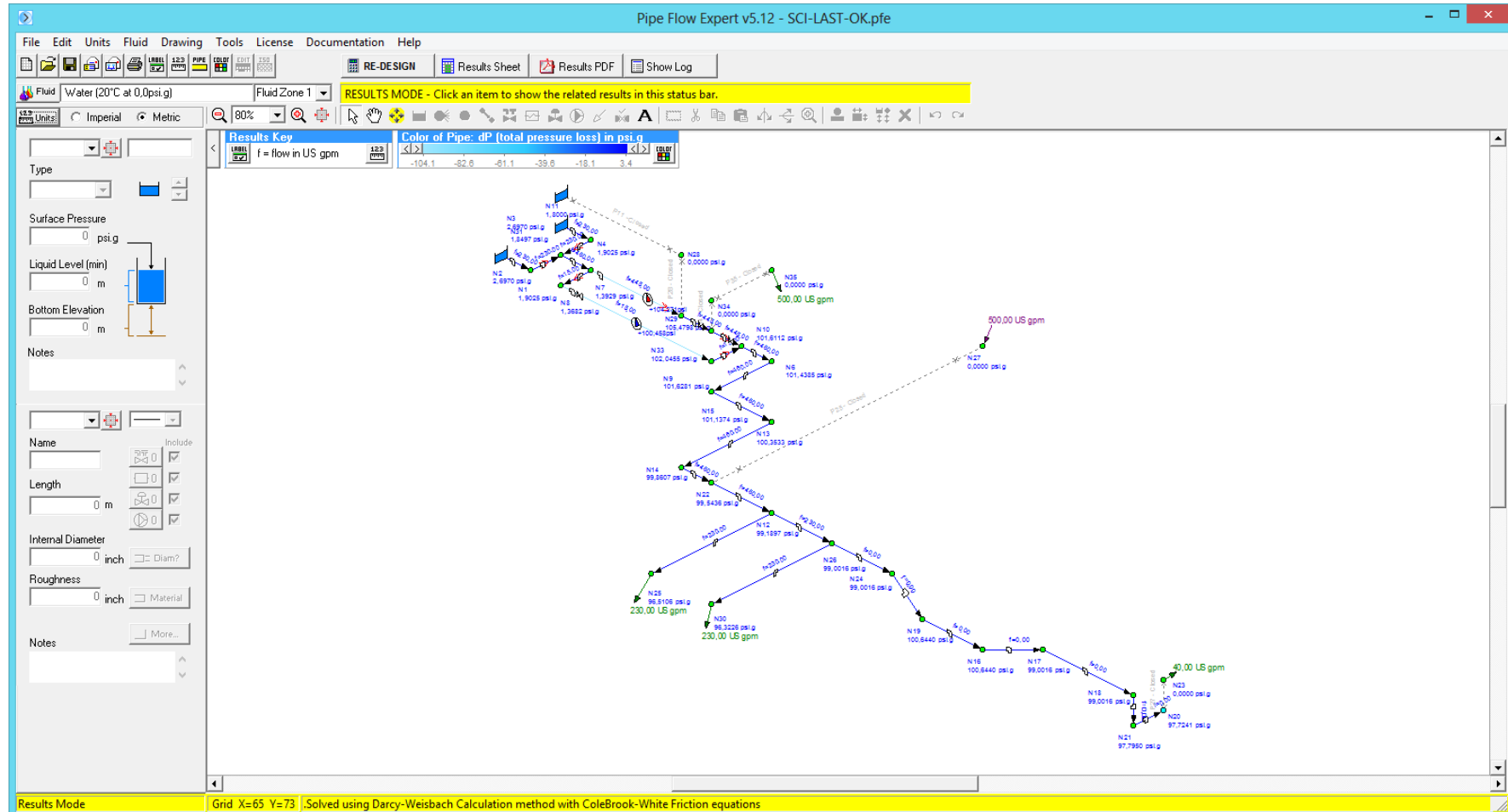
El material utilizado para la tubería, válvulas y uniones vitáulicas se seleccionó cumpliendo la normativa establecida NFPA 20, NFPA 24, NFPA 25, NFPA 13.

Al ingresar la información al software *Pipe Flow Expert* (Ver gráfico N° 3.2), se tomaron las consideraciones anteriormente descritas en el presente informe en relación al caudal de bombeo de 500 GPM y diámetros de tuberías de succión y descarga, siguiendo la normativa NFPA 20, NFPA 24, esto se muestra detalladamente en el Anexo F, dónde consta la simulación hidráulica concerniente a:

- Cálculo de las pérdidas de carga en el sistema por tubería y accesorio.
- Cálculo del caudal por ramal y por tubería.
- Cálculo del flujo másico por ramal y por tubería.
- Cálculo de la velocidad en la tubería
- Cálculo del número de Reynolds por tubería.
- Cálculo de la presión por nodos en la tubería.
- Cálculo del diámetro de la tubería.

No obstante, dentro del mismo anexo se especifica, los valores numéricos procedentes de la simulación hidráulica, estos valores conciernen a:

- Datos del fluido (Dato ingresado al sistema).
- Datos de las bombas (Datos ingresados al sistema).
- Datos de tuberías.
- Datos por nodos de las tuberías – sistema.
- Datos de la energía por tuberías – sistema.

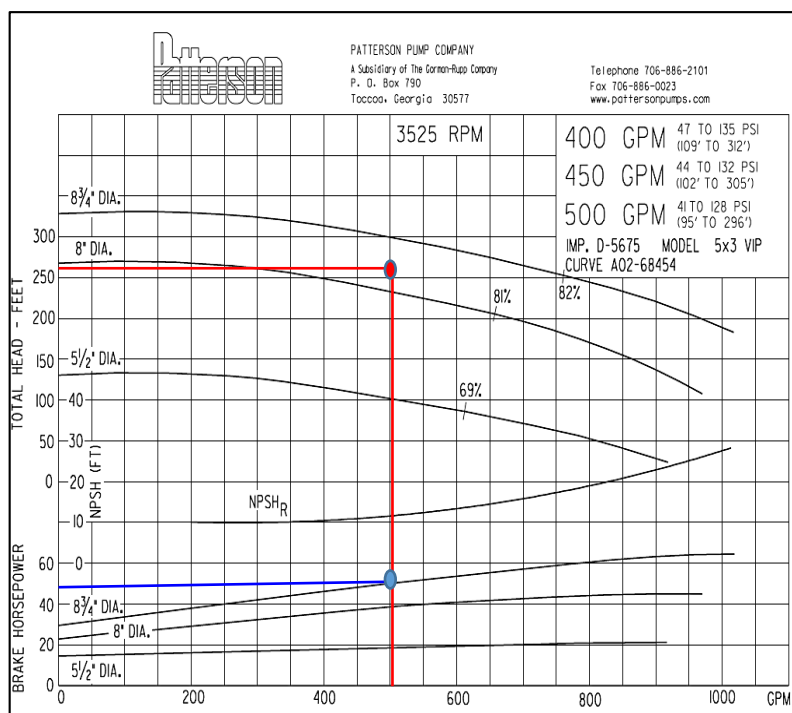


**Gráfico N° 3. 2:** Software Pipe Flow Expert.  
**Fuente:** AutoCAD – Paint Pipe, 2015.



### 3.4. Selección de la bomba para el sistema hidráulico.

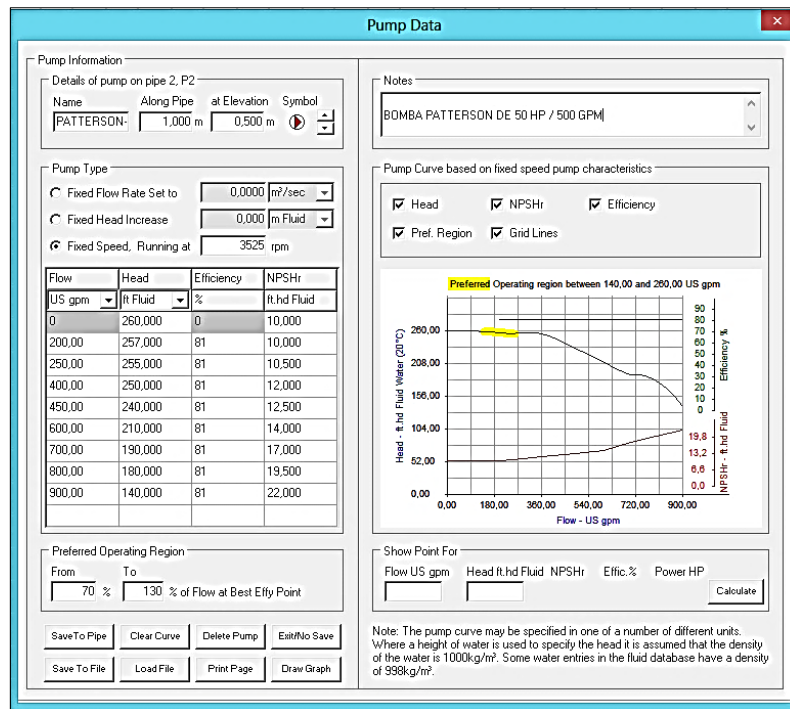
En la curva de la bomba *PATTERSON* 5\*3 (Ver gráfico N° 3.3), se puede apreciar que la bomba seleccionada posee un TDH de 110 psi, tales características que se ajustan a los requerimientos en función del TDH, el cual se encuentra en el epígrafe 2.6.



**Gráfico N° 3.3:** Curva de la bomba *PATTERSON* 5\*3.  
**Fuente:** Catálogo de la bomba *PATTERSON*, 2015.

Los datos de la bomba *PATTERSON* (Ver gráfico N° 3.4), indican que su potencia es de 50 HP a un caudal de 500 GPM, con un TDH de 110 psi, a 3525 RPM, 220 Voltios trifásicos, con una eficiencia aproximada en el sistema del 81.3%, dichos datos técnicos tienen relación en cuanto al funcionamiento del controlador de la bomba.

La bomba *Jockey* suministra un caudal de 15 GPM y un TDH de 119 psi, a 3450 RPM, con 2HP, 230 Voltios trifásicos, dichos datos técnicos tienen relación en cuanto al funcionamiento del controlador.



**Gráfico N° 3. 4:** Datos de la bomba PATTERSON.  
**Fuente:** Software Pipe Flow Expert.

La instalación del tablero eléctrico de control de las bombas, así como la acometida eléctrica a cada una de las bombas se realizarán de acuerdo a normativa NFPA 70 y bajo los estándares FM / UL establecidos por el fabricante.

El listado de tuberías y accesorios concerniente al sistema contra incendios se encuentra en el Anexo G, en donde se describe el listado con su respectiva especificación técnica.

### 3.5. Dilatación térmica de las tuberías.

La dilatación térmica de las tuberías de acuerdo a la ecuación 2.13, para una tubería de 6m de longitud, se estima una dilatación máxima de 1.26 mm, por lo que al ser una dilatación menor, no es necesario una junta elástica de dilatación en las tuberías.

## **CAPITULO IV**

### **PROPUESTA**

#### **4.1. Título.**

“PROPUESTA PARA EL DISEÑO, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS MEDIANTE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA”

#### **4.2. Justificación.**

La propuesta para la construcción de un sistema contra incendios se enmarca dentro de parámetros energéticamente eficientes para la Subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW, lo que generará aspectos positivos en el campo investigativo, puesto que es un documento técnico – científico, en el cual se compila valiosa información de carácter interdisciplinario, el cual es clave dentro del estudio para el levantamiento de una subestación eléctrica, ya que como primordial objetivo dentro de estos tipos de construcciones, está en lograr la sostenibilidad en el tiempo y minimizar riesgos que se pudieran suscitar dentro del sistema de abastecimiento energético, en este caso de estudio, el enfoque se manifiesta en la minimización del riesgo ocasionado por un incendio, por consecuencia la aplicación de este procedimiento se convierte como instrumento de investigación que permitirá sentar las bases de un procedimiento sistemático y ordenado, realizar el análisis de las exigencias técnicas-funcionales y la generación de variantes de solución eficientes energéticamente que planteen soluciones aplicables de ingeniería, lo cual posibilitará disponer de las herramientas e instrumentos para prevenir y enfrentar, un conato de incendio en la subestación eléctrica, la misma que puede ser replicada en otros proyectos con un problema similar.

### **4.3. Objetivos.**

- Diseñar, simular y construir un sistema contra incendios en la Subestación Eléctrica – CELEC EP de 60 MW, en la ciudad de Quindé, mediante criterios de eficiencia energética.
- Cumplir con el marco de eficiencia energética, rigiéndose al sistema de desarrollo de los códigos, normas y otras afines, durante la fase de diseño, simulación y construcción, con el afán de maximizar la eficiencia energética del sistema contra incendios, en la Subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW.
- Realizar la respectiva evaluación socio-económico-ambiental de la propuesta, considerando todos los aspectos que inciden en la construcción del sistema contra incendios.

### **4.4. Estructura de la propuesta.**

Dentro de la propuesta se hallan inmersos las siguientes etapas medulares:

- Inspección del lugar.
- Fase de diseño, simulación y construcción energéticamente eficiente.
- Fase de operación y pruebas de funcionamiento.

### **4.5. Desarrollo de la propuesta.**

#### **4.5.1. Análisis e inspección del lugar.**

Dentro de esta fase, se debe analizar completamente la situación geográfica y características físicas y técnicas de la subestación para la distribución de las instalaciones del sistema contra incendios.

#### 4.5.1.1. Situación Geográfica.

La subestación eléctrica Quinindé (Ver gráfico N° 4.1), forma parte de la Corporación Eléctrica del Ecuador, dentro del Sistema Nacional Interconectado. La georeferencia de la subestación (Ver cuadro N° 4.1), señala la posición en su punto medio y desde los vanos de entrada y salida. La subestación está constituida por el tendido de dos líneas de subtransmisión que comprenden 6.69 km, la primera comprende el sistema de subtransmisión de energía eléctrica aérea, a través de la construcción de la LST (Línea de subtransmisión) de 69 kV, desde la Subestación Transelectric hasta la Subestación Quinindé 1 y la segunda desde la Subestación Transelectric hasta la Subestación Quinindé 2.



**Gráfico N° 4. 1:** Subestación Eléctrica Quinindé.  
**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

**Cuadro N° 4. 1**  
 Georeferencia de la Subestación.

UBICACIÓN			
Área	Referencia	Este (m)	Norte (m)
<b>S/E Quinindé</b>	Punto medio	669635	10034258
<b>Vano de Entrada</b>	V1	6696620	10024721
	V2	669631	10034321
<b>Vano de Salida</b>	V1	669896	10034417
	V2	669726	10034243

**Fuente:** MEER, 2014.





**Gráfico N° 4. 3:** Patio 69 kV Subestación Quinindé.  
**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

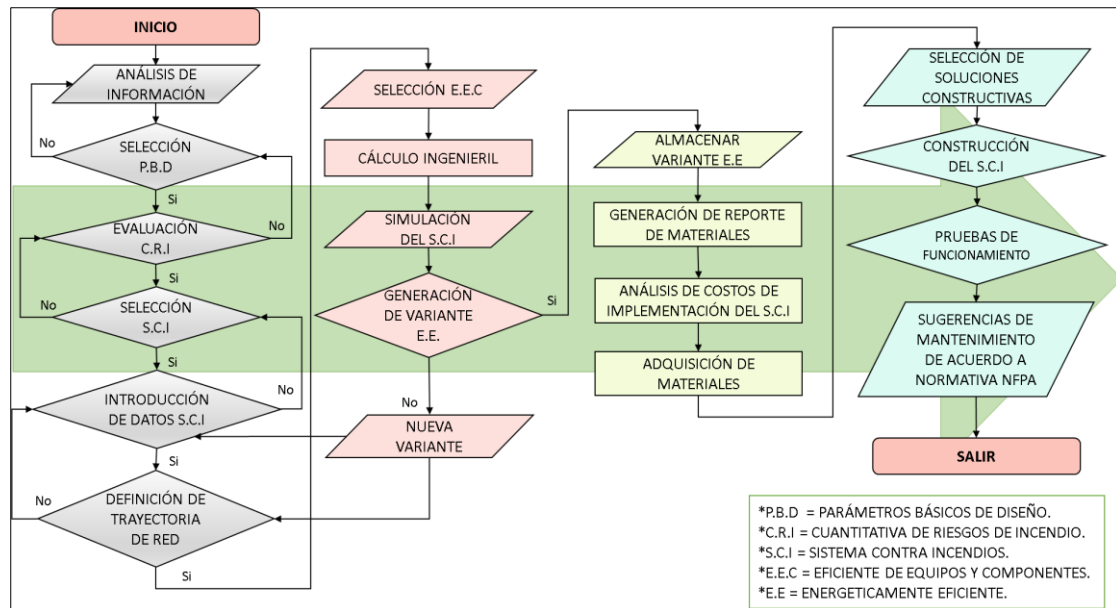
#### **4.5.2. Fase de diseño, simulación y construcción energéticamente eficiente.**

La integración de Eficiencia Energética en etapa de Diseño (EED) tiene como objetivo optimizar el consumo y uso de la energía requerida, así como el desempeño energético general del proyecto o proceso en etapa de operación por medio de la incorporación y aplicación de las mejores prácticas y tecnologías para el uso eficiente de la energía.

Entonces, una vez realizado los cálculos de pérdidas y costos asociados a cada variante de diseño generada, tal como se puede apreciar en el capítulo III, se debe establecer un modelo capaz de evaluar ambos indicadores y ofrecer un valor ponderado para cada variante de solución que permita ordenarlas según el criterio de mayor influencia para el diseñador. Este es sin duda, un modelo de optimización multiobjetivo que aportará la discretización de las variantes de solución ayudando así la toma de decisiones.

A partir de la estructura jerárquica propuesta en el capítulo de metodología, se propone un flujograma de propuesta para el diseño, simulación y construcción energéticamente eficiente (Ver gráfico N° 4.4), que permite la generación de variantes de solución y el cálculo de los indicadores de eficiencia (pérdidas y costo).





**Gráfico N° 4. 4:** Flujograma de propuesta para el diseño, simulación y construcción energéticamente eficiente.

**Fuente:** Autor, 2016.

La eficiencia en un sistema de bombeo, en sí, incorpora las eficiencias de la bomba, el motor y otros componentes del sistema, la siguiente ecuación, según *Energy Efficiency Best Practice Guide Pumping Systems* año 2009, expresa la eficiencia en un sistema de bombeo como tal;

$$\eta_{sys} = \frac{Q_{req} * H_{req} * SG}{4600 * P_e} \quad (4.1)$$

Dónde:

$Q_{req}$  = Taza de flujo requerido (L/min).

$H_{req}$  = Cabeza de la bomba requerida (m).

$SG$  = Gravedad específica del fluido a bombear.

$P_e$  = Entrada de energía eléctrica (kW).

Los datos que se requieren en esta ecuación son tomados del capítulo III, considerando la debida conversión de unidades, tenemos que la eficiencia total del sistema de bombeo es igual a:

$$\eta_{sys} = \frac{1890 * 77.41 * 1}{4600 * 37.3}$$

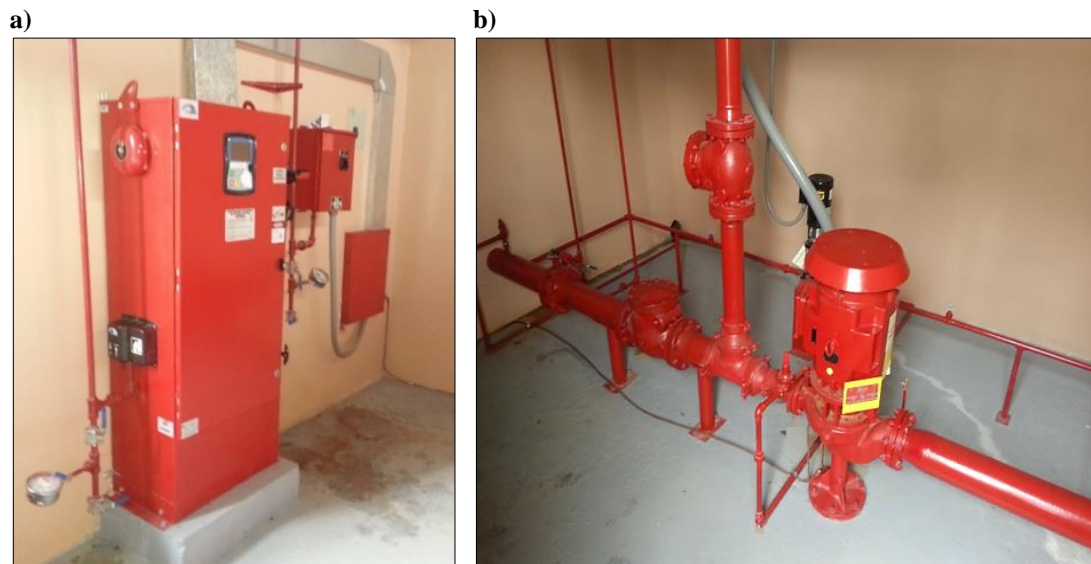


$$\eta_{sys} = 85.26 \%$$

La eficiencia total de la red de bombeo en el sistema contra incendios tiene una eficiencia del 85,26%, considerando que la presión y el flujo requerido se valoran en el cálculo de la eficiencia del sistema. Las pérdidas de carga son innecesarias ya que se deducen de la cabeza total de la bomba y el flujo de recirculación, se deduce a partir del caudal de la bomba.

#### 4.5.2.1. Normas y reglamentos.

Tanto el diseño, como la construcción de la obra civil, instalación del sistema hidráulico contra incendios y de la obra eléctrica, especialmente el cuarto de bombas del contra incendios (Ver gráfico N° 4.5), se ejecutarán de acuerdo con la última versión vigente de las siguientes normas y reglamentos establecidos por: NFPA, IEEE, INEN y ASME. Por lo tanto, podemos apreciar que las normas NFPA, predominan la instalación de la red del sistema contra incendios.



**Gráfico N° 4. 5:** Cuarto de bombas del sistema contra incendios: a) Tablero de control, b) Bomba Patterson.

**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

#### **4.5.2.2.Cronograma de construcción.**

En el Anexo H, se puede apreciar con detalle el cronograma de construcción.

#### **4.5.2.3.Selección del personal técnico.**

En fundamento a los cronogramas de construcción de las diferentes etapas que presenta la instalación del sistema contra incendios, se debe proceder a la selección del personal idóneo, para poder acaparar con el cumplimiento de las normas NFPA.

#### **4.5.2.4.Selección de logística y herramientas.**

Para realizar las operaciones de construcción e instalación de tuberías y anexos para el sistema contra incendios, el contratista o compañía debe dotar la logística y herramientas para la ejecución en taller y en sitio de todo lo necesario para el ensamblaje de tuberías e instalación de equipos y anexos que conforman el sistema en sí. La logística está en función del sitio de trabajo y su infraestructura, así como las trayectorias de ubicación de las áreas de riesgo. En cuanto a la logística básica, se necesita de:

- Grúas portátiles 5 ton.
- Montacargas 2 ton.
- Compresor de aire y accesorios de 10 HP.
- Escaleras metálicas.

En cambio, respecto a las herramientas, dependen del tamaño del proyecto, tiempo de entrega y cantidad del personal ejecutor, por lo general se debe contar con:

- Soldadoras eléctricas 220/380 V. 220/240.
- Soldadoras MIG y portátiles a diésel.
- Equipo ranurador.
- Máquinas cortadoras y pulidoras de metal.

- Equipo de corte – acetileno/oxígeno.
- Equipos de seguridad e higiene industrial para el personal ejecutor.
- Taladros y esmeriles eléctricos 110 V.
- Herramientas de precisión y de maniobras.
- Roscadoras de tubos.
- Equipos de pinturas.

#### **4.5.2.5. Metodología de trabajo.**

Para el montaje del sistema contra incendios, se tomarán consideraciones establecidas en el Reglamento técnico ecuatoriano de la construcción en acero, Norma RTE INEN 037 - 2009. Adicionalmente se utilizará el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, con referencia a las siguientes secciones: capítulo IV, capítulo VI, capítulo VI con referencia a los artículos Art 175 al Art 188.

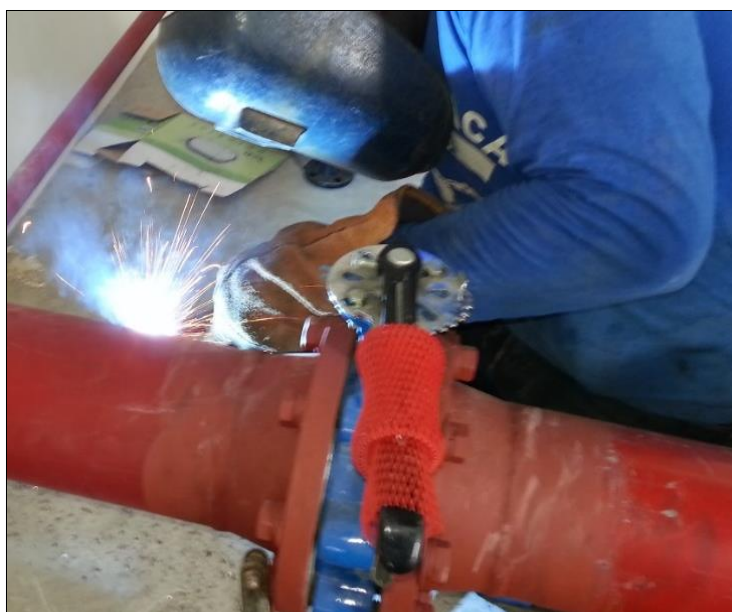
La norma NFPA 51 B, es la norma más aceptada para la prevención de incendios durante trabajos de soldaduras, cortes y otros trabajos en calientes. Esta norma aumenta la protección contra lesiones en trabajos en caliente con los nuevos protocolos de la NFPA 51B para equipamientos, equipos de protección personal (PPE, por sus siglas en inglés) y la concientización de los riesgos. La edición 2009 de la NFPA 51B: Norma para prevención de incendios durante soldadura, corte y otros trabajos en caliente, incluye requisitos vitales para quienes dirijan, supervisen o efectúen trabajos en caliente— incluidos contratistas externos y administradores de propiedades. Las disposiciones se aplican a soldaduras y procesos relacionados, tratamientos con calor, molienda, descongelación de tuberías, sujetadores accionados con electricidad, remachado en caliente y aplicaciones similares que generen chispas, llamas o calor.

#### **4.5.2.6. Métodos de ensamblaje del sistema: soldaduras a aplicarse.**

La cantidad de accesorios, tuberías y características de las bombas centrifugas a montar se detalla en listado de tubería y accesorios con su respectiva especificación técnica, en

dónde se detallan si las uniones serán bridadas, soldadas dependiendo del diseño previamente establecido bajo norma NFPA 20 – 2013, NFPA 24 y NFPA 70. El detalle constructivo de los mismos se detalla en el Anexo: Plano N°12. La tubería en las uniones soldadas, en referente a los métodos, herramientas, equipos y procedimientos de soldadura se realizará de acuerdo a las normas AWS, API 1104, al código ASME sección VIII y código ASME sección IX. El procedimiento de comprobación de la soldadura se establecerá mediante el examen de líquidos penetrantes código ASME QW 195 y examen visual ASME QW 194. La prueba hidrostática se realizará de acuerdo a norma NFPA 20 edición 2013 y NFPA 24, Sección 10.10.2.2. En el Anexo I, se puede apreciar detalladamente los procesos de soldadura y variables aplicados para el sistema contra incendios.

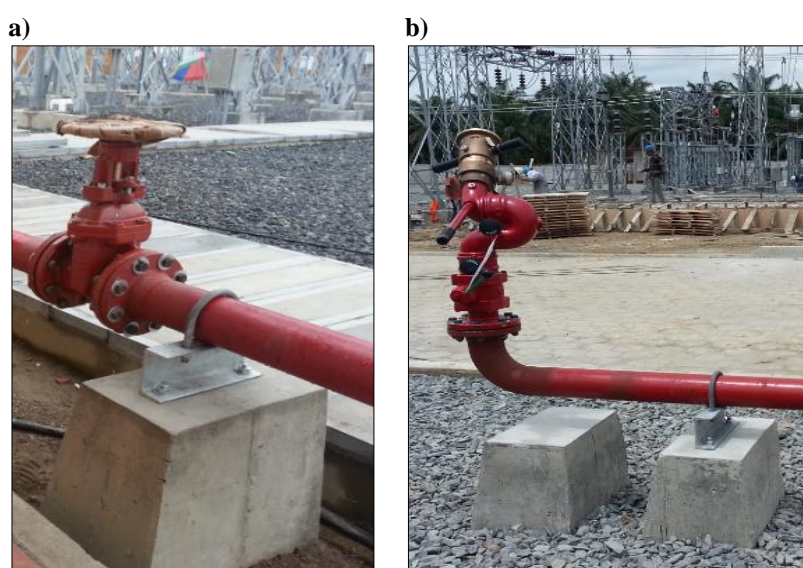
Para el proceso SMAW, para la soldadura de conexión de tuberías y accesorios (Ver gráfico N° 4.6), en la brida de succión de la bomba (5" x 6") y en la brida de descarga de la bomba (3"x 6"), el cordón base se realiza con electrodo 6010 y el proceso exterior con 7018, considerando que para el procedimiento de comprobación de la soldadura, se hace empleo de la norma API 1104.



**Gráfico N° 4. 6:** Soldadura para conexión de tuberías y accesorios.  
**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

#### 4.5.2.7. Métodos de selección de soportería.

La soportería de hormigón (Ver gráfico N° 4.7), de la tubería será instalada en la base de hormigón construida para el efecto, se adjuntan los planos del detalle de la soportería en el anexo correspondiente, así como el detalle de los pernos de anclaje y varillas de sujeción, que según norma NFPA 24 -2013, sección 10.8.3.1.2 detalla que las mismas no deben ser inferior a 5/8" en material de acero galvanizado y luego el montaje deberán ser recubiertas con galvanizador en frío de acuerdo a normativa NFPA 24 -2013, sección 10.8.3.5.



**Gráfico N° 4. 7:** Soportería de hormigón: a) en tubería, b) en monitor.  
**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

La distancia entre los soportes de la tubería (Ver cuadro N° 4.3), debe cumplir la normativa del Código ASME, para tuberías de presión en la sección B31.3, dónde establece que para una tubería de 6" el espaciamiento entre soportes no debe superar los 5.182 m, tal como se aprecia en el cuadro 4.5, consideración tomada en el presente diseño, se adjunta plano correspondiente de distribución de soportería. La tubería no está expuesta a variaciones de temperatura importantes, por tal motivo la dilatación generada será absorbida por las uniones vitáulicas. (Ver Anexo J).

**Cuadro N° 4. 3**  
Espaciado sugerido entre soportes.

Ø Exterior	pulg.	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
	mm.	25.4	38.1	50.8	63.5	76.5	88.9	101.6
Espacio	pies	7	9	10	11	12	13	14
	mts.	2.134	2.743	3.048	3.353	3.658	3.962	4.287
Ø Exterior	pulg.	5	6	8	10	12	14	16
	mm.	127	152.4	203.2	254	304.8	355.6	406.4
Espacio	pies	16	17	19	22	23	25	27
	mts.	4.877	5.182	5.791	6.706	7.01	7.62	8.23

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

#### 4.5.2.8. Metodología para la aplicación de pinturas para protección de equipos accesorios y otros.

La pintura de la tubería se realizará de acuerdo a norma ISO 12944 (UNE-EN ISO 12944), “Pinturas y barnices – Protección contra la corrosión de estructuras de acero con sistemas protectores de pintura”, de igual manera el color de identificación de la tubería acorde a la clasificación de los fluidos (Ver cuadro N° 4.4), se realizará según la norma INEN 440, así como su rotulación y tamaño de la escritura según el diámetro de la tubería (Ver cuadro N° 4.5 ), de acuerdo a norma INEN 439 “Colores, señales y símbolos de seguridad” y a la norma INEN 878 para Rótulos, placas rectangulares y cuadradas.

**Cuadro N° 4. 4**  
Clasificación de fluidos.

FLUIDO	CATEGORIA	COLOR
Agua	1	verde
Vapor de agua	2	gris-plata
Aire oxígeno		azul
Gases Combustibles	4	amarillo ocre.
Gases no combustibles	5	amarillo ocre.
Ácidos	6	anaranjado
Alcalinos	7	violeta
Líquidos Combustibles	8	café
Líquidos no combustibles	9	negro
Vacío	10	gris
Agua o Vapor contra incendios GLP (Gas Licuado de Petróleo)	-	rojo de seguridad blanco

Fuente: INEN 440.

**Cuadro N° 4. 5**

Tamaño de la escritura según el diámetro de la tubería (mm).

Diámetro de la tubería (mm)	Hasta						Más de
	30	60	80	130	160	240	240
Altura de la escritura (mm)	12.5	20	25	40	50	63	100

Fuente: INEN 878.

El detalle de pintura en tubería de interconexión con cisterna (Ver gráfico N° 4.8), muestra la consideración de la norma INEN 440 y el proceso de montaje respectivo.



Gráfico N° 4. 8: Detalle de pintura en tubería de interconexión con cisterna.

Fuente: Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

**4.5.2.9. Conexión siamesa para el Departamento de Bomberos.**

Según establece la norma NFPA 24 -2013 y NFPA 13E, la conexión siamesa a ser instalada debe tener fácil acceso para el cuerpo de bomberos, contará con los accesorios que se presentan en la figura abajo descrita y el direccionamiento de la tubería hacia la línea principal, la misma que debe contener las válvulas *check* correspondientes de acuerdo a normativa NFPA 20 – 2013, y que se encuentran detalladas en el Anexo de Planos correspondiente.



La conexión siamesa para el cuerpo de bomberos (Ver gráfico N° 4.9), debe estar localizada a no menos de 18 in (457 mm), y no estará más alta que 4 ft (1.2 m), y debe estar instalada de acuerdo a norma NFPA 24 -2013, Anexo A.5.9.

Los materiales necesarios para ésta conexión se encuentran detallados en la tabla correspondiente al listado de la tubería y accesorios, adicionalmente en el anexo de planos, se encuentra detallada su conexión, tipo de válvulas a emplear y las dimensiones de montaje correspondientes.

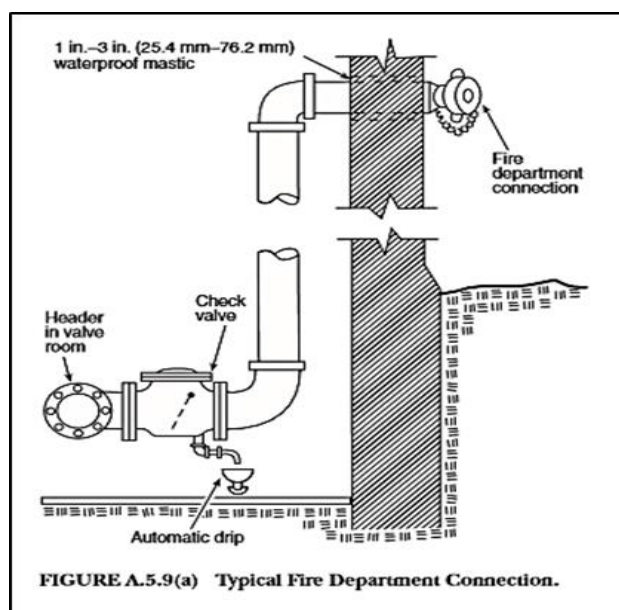


Gráfico N° 4.9: Conexión siamesa para el cuerpo de bomberos.

Fuente: NFPA, 2013.

#### 4.5.2.10. Gabinete para mangueras.

El contratista proporcionará e instalará los gabinetes de manguera (Ver gráfico N° 4.10) para el sistema contra incendios de acuerdo a las Norma NFPA 14 y NFPA 850, considerando los riesgos latentes de incendio en la Subestación, así como los repuestos, equipos y material técnico necesario para el mantenimiento, reparación, entrenamiento y pruebas, las mismas que deben estar de acuerdo a las normativas anteriormente detalladas.





**Gráfico N° 4. 10:** Gabinete de mangueras.

**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

#### **4.5.2.11. Metodología para el sistema de alarma de incendios.**

El sistema de alarma de incendio a ser utilizado en la subestación eléctrica, deberá ofrecer la mayor disponibilidad y fiabilidad posible en función de las nuevas tecnologías existentes en el mercado, las cuales entre otras cosas, ofrecen mejores tiempos de respuestas, integración digital con sistemas supervisores, identificación precisa de zonas de alarma, etc.

#### **Componentes.**

Un sistema de alarma de incendio está constituido fundamentalmente por:

- Un tablero central de control.
- Fuentes de alimentación eléctrica
- Estaciones manuales de alarma.
- Difusores de sonido.
- Circuitos de señalización.
- Extintor, (Ver gráfico N° 4.11).

El listado de materiales y accesorios para el diseño de sistemas de alarmas (Ver cuadro N° 4.6), permiten notificar los incendios producidos.

**Cuadro N° 4. 6**

Listado de materiales y accesorios para el diseño de sistemas de alarmas.

ID	DESCRIPCIÓN	CANT.	
1	Detector de humo	Tipo iónico, marca Family Gard o similar	6
2	Detector de llama	UV/IR, marca Honeywell, modelo S20/20 ML o similar	1
3	Estación manual de alarma analógica	Modelo FMM-325A, marca Bosch, o similar	2
4	Sirena	Modelo Selectone, marca Federal Signal Corporation, o similar	1
5	Tablero eléctrico de control NFPA. FM, UL	Hazard Watch, de doce entradas supervisadas	1
6	Extintor 1	PQS de 10 libras	4
7	Extintor 2	PQS de 20 libras	5
8	Extintor 3	PQS de 50 libras, incluye carretilla	1
9	Gabinete SCI completo	Gabinete, Manguera de 15m, pitones de bronce de 1 ½", accesorios, válvula de 1 ½" y 2 ½", Hacha.	1

**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

El diseño del sistema de alarmas se puede apreciar en el Anexo: Plano N° 1 de una forma más detallada.



**Gráfico N° 4. 11:** Extintor.

**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

#### **4.6. Fase de operación, prueba de funcionamiento y mantenimiento del sistema.**

##### **4.6.1. Operación del sistema contra incendios.**

Una vez culminado el ensamblaje del sistema contra incendios (Ver gráfico N°4.12), en su totalidad, se procede a la fase de operación del sistema, teniendo en cuenta que la extensión de servicio satisfactorio obtenido, tendrá que ver parcialmente con la correcta instalación y mantenimiento del sistema contra incendios, de acuerdo a las normas NFPA, para lo cual se detalla en el Anexo K, el manual de operación del sistema, en dónde se podrá apreciar claramente, el sistema en sí y cada una de sus partes, también se adjunta paso por paso el procedimiento de encendido de cada equipo.



**Gráfico N° 4. 12:** Ensamblaje del sistema contra incendios.

**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

##### **4.6.2. Prueba de funcionamiento del sistema.**

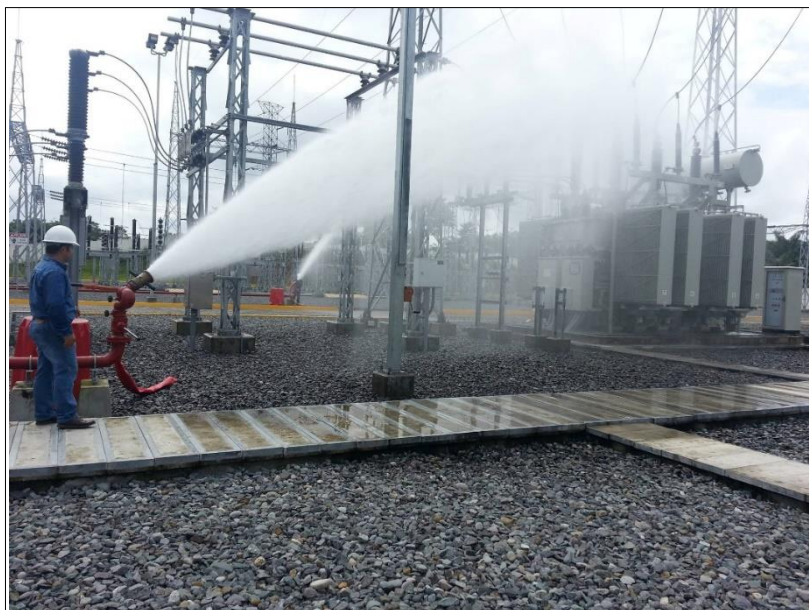
Todo el sistema hidráulico contraincendios para la subestación de Quinindé, será probado de acuerdo a normativa de la NFPA 20 Edición 2013, secciones 14.1, 14.2, 14.3, 14.4.

Las tuberías de succión y de descarga serán probadas hidrostáticamente a una presión no menor a 200 psi (13.8 bar), o a 50 psi (3.4 bar) por encima de la presión máxima que mantendrá el sistema (110 psi), la que resulte mayor, de acuerdo a éste requerimiento de

la NFPA 20 Edición 2013 y NFPA 24, sección 10.10.2.2, en nuestro caso el sistema se probará a 200 psi, mediante una descarga de comprobación (Ver gráfico N° 4.13), la misma que deberá mantenerse durante 2 horas.

El instalador proporcionará un certificado para realizar descargas y pruebas hidrostáticas antes del comienzo de la prueba de aceptación de campo de la bomba contra incendios.

En las pruebas de aceptación en campo un representante del fabricante de la bomba, el fabricante del motor, el fabricante del controlador y el fabricante del interruptor de transferencia o sus representantes autorizados deben estar presentes durante la prueba de aceptación de campo, de igual manera se invitarán a las pruebas respectiva al benemérito cuerpo de bomberos de la ciudad de Quinindé como establece la normativa NFPA 24, y NFPA 70.



**Gráfico N° 4. 13:** Descarga de comprobación.

**Fuente:** Subestación Quinindé – CELEC EP, 2015.

#### **4.6.3. Mantenimiento del sistema.**

Para ésta sección se utilizará la norma para la inspección, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendios, NFPA 25 – 2011, en dónde se detallan aspectos de frecuencia de mantenimiento para las bombas, válvulas, tuberías,

tableros eléctricos, detectores de humo, rociadores, entre otros. El mantenimiento del sistema será de estricta responsabilidad de la administración de la Subestación, según establece la NFPA 25 – 2011, sección 4.1. Las recomendaciones de mantenimiento se detallan en el Anexo L, en dónde incluye el mantenimiento para:

- Sistema de columna y mangueras.
- Tuberías.
- Bombas.
- Tanque de suministro de agua.
- Válvulas.

El montaje y mantenimiento de la bomba *PATTERSON* y bomba *Jockey Groundfos* se encuentran en el Anexo M, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, las cuáles deben ser tomadas en cuenta por el Jefe de Mantenimiento de la Subestación.

- Monitor espuma *Akron XPV* parte # *AKR-3523 UL/FM*.
- *Piton Williams Hydro Foam UL/FM*.
- Tanque de 55 galones de espuma *Aqueous Film Former Foam (AFFF) 3%* (Opcional)

#### **4.7. Evaluación socio-económico-ambiental de la propuesta.**

##### **4.7.1. Evaluación social de la propuesta.**

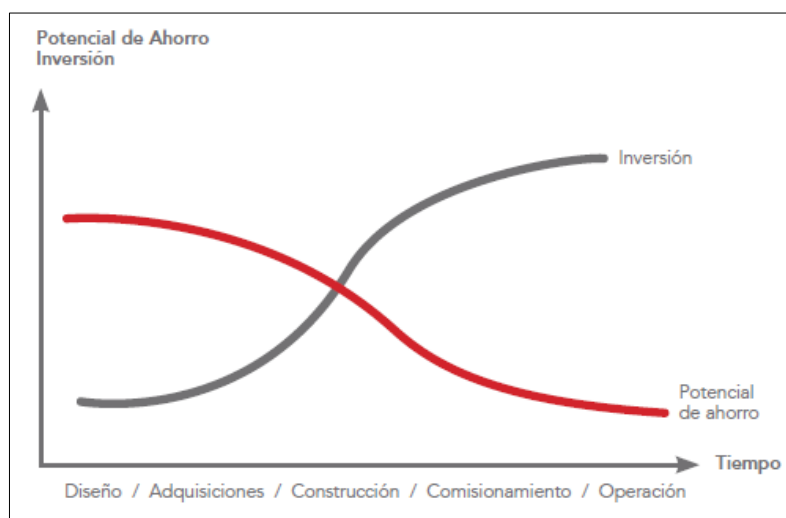
Las subestaciones eléctricas son fundamentales dentro de la infraestructura del sistema de electrificación, ya que por medio de ellas, la energía que se transporta por el Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, puede ser transformada y su voltaje reducido, para su adecuada distribución hacia los usuarios.

Precisamente, por la ubicación de la subestación eléctrica y su relativa cercanía (3 km) de una zona poblada, como es la parroquia Rosa Zarate, provincia de Esmeraldas, ciudad de Quinindé, la cual tiene una población de 88 337 personas (según datos del INEN 2012), la cual representa el 22,9% del total provincial, su naturaleza de construcción y

funcionamiento en niveles de voltaje que bordan los 138 kV - 69 kV, debido a las exigencias constructivas y cumplimiento de normativas nacionales e internacionales han permitido que la subestación se encuentre en condiciones óptimas de implantación y operación de manera que se pueda garantizar la eficiencia en su funcionamiento y la seguridad para la población en un probable conato de incendio.

#### 4.7.2. Evaluación económica de la propuesta.

El beneficio económico de realizar el diseño de un proyecto energéticamente eficiente puede ser hasta tres veces mayor al que se puede obtener mediante la implementación de medidas de eficiencia energética en la etapa de operación del proyecto, las cuales son identificadas a partir de auditorías de eficiencia energética. La curva de beneficio económico (Ver gráfico N°4.14), indica que mientras más temprano se incorpore la eficiencia energética en un proyecto, mayores son los potenciales beneficios económicos durante toda su vida útil, tal como se puede apreciar en el siguiente gráfico.



**Gráfico N° 4. 14:** Curva de beneficio económico.

**Fuente:** Energy Efficiency Best Practice Guide Pumping Systems, 2009.

Para la evaluación económica de la subestación podemos apreciar en el Anexo H, el listado completo de los equipos necesarios para la implementación del sistema contra incendios para la subestación Quinindé CELEC – EP. El costo total del proyecto (Ver

cuadro N°4.7), es de \$357.500.00, considerando que dicha estimación está en función de la ecuación 2.14.

**Cuadro N° 4. 7**  
Costo total del proyecto.

Ítem	Descripción	Valor (\$)
1	Costo de diseño	17.500.00
2	Costo de materiales	285.000.00
3	Costo de Montaje	55.000.00
4	Costo total del proyecto	357.500.00

Fuente: Autor, 2016.

#### 4.7.3. Evaluación ambiental de la propuesta.

Los impactos ambientales a producirse, conciernen a las siguientes fases:

- **Fase de construcción.**

Durante esta fase será eminente el incremento de los niveles de polvo y ruido, en cuanto a la emisión de polvo se origina por la excavación de zanjas y movimientos de tierra en los lugares, esta emisión generará un impacto tanto en la calidad del aire como en la estética del lugar, por otro lado en vista al desarrollo de actividades en cuanto al uso de equipos que generan ruido, su nivel de ruido será prácticamente leve, todo esto se presentará hasta finalizar los trabajos a realizarse en esta etapa.

- **Fase de operación y mantenimiento.**

Durante la fase de operación del sistema, el único impacto que esta actividad puede ocasionar es el incremento de los niveles de ruido, debido a los trabajos requeridos para el inicio de esta fase, y en cambio, en la fase operativa de mantenimiento, se generará ruido y también habrá afectación en la calidad del aire, por el uso de equipos y así mismo podría afectar al suelo por el derrame de aceite y/o grasa, dentro del sistema.

## CONCLUSIONES GENERALES

- Se realizó un minucioso estudio de los fundamentos, procedimientos y sistemas automatizados para el diseño de redes contra incendio, lo cual permitió crear las bases para el perfeccionamiento del enfoque de solución al problema en estudio, la propuesta de esta investigación integra criterios de diseño, simulación y construcción, en base a normas, estándares o exigencias técnicas-funcionales asistidas de herramientas CAD/CAE, las cuales tienen por objetivo incrementar los niveles de eficiencia energética del sistema contra incendios de la Subestación eléctrica – CELEC EP de 60 MW, en la ciudad de Quinindé.
- En la fase de diseño e ingeniería de concepción de la Subestación Quinindé – CELEC EP, se aplicó los principios de seguridad contra incendios, por lo tanto esta subestación se construyó con un sistema de prevención y control de incendios en base las normas INEN, NFPA e IEEE. Con esto se aportará a tener un alto nivel de confiabilidad operativa en la subestación. Para el diseño hidráulico del sistema en base al método Gretener de análisis de riesgos, se determinó que la eficiencia total de la red de bombeo en el sistema contra incendios tiene una eficiencia del 85,26%, considerando que la presión y el flujo requerido se valoran en el cálculo de la eficiencia del sistema.
- Todo el sistema hidráulico contraincendios para la subestación de Quinindé, fue probado de acuerdo a normativa de la NFPA 20 Edición 2013, secciones 14.1, 14.2, 14.3, 14.4. Las tuberías de succión y de descarga fueron probadas hidrostáticamente a una presión no menor a 200 psi (13.8 bar), o a 50 psi (3.4 bar) por encima de la presión máxima que mantendrá el sistema (110 psi), la que resulte mayor, de acuerdo al requerimiento de la NFPA 20 Edición 2013 y NFPA 24, sección 10.10.2.2, en nuestro caso el sistema se probó a 200 psi, la misma que deberá mantenerse durante 2 horas. En la fase de operación y prueba de funcionamiento en modo automático los parámetros de voltaje y amperaje conciernen a 208 Voltios y 126 Amperios. La calibración de la bomba principal en modo automático requiere tiempo de apagado 2



minutos, presión máxima 150 psi y presión mínima 110 psi. Por otra parte la presión de paro concierne a 120 psi y la presión de arranque a 110 psi.

- En la evaluación social, se logró determinar que por la ubicación de la subestación eléctrica y su relativa cercanía de una zona poblada, como es la parroquia Rosa Zarate, provincia de Esmeraldas, ciudad de Quinindé, la cual tiene una población de 88 337 personas (según datos del INEN 2012), la cual representa el 22,9% del total provincial, su naturaleza de construcción y funcionamiento en niveles de voltaje que bordan los 138 kV - 69 kV, debido a las exigencias constructivas y cumplimiento de normativas nacionales e internacionales han permitido que la subestación se encuentre en condiciones óptimas de implantación y operación de manera que se pueda garantizar la eficiencia en su funcionamiento y la seguridad para la población en un probable conato de incendio.
- Mediante el diseño y construcción en base a un procedimiento energéticamente eficiente, que involucra la selección eficiente de equipos y componentes, en la subestación Quinindé, se pudo determinar que mientras más temprano se incorpore la eficiencia energética en un proyecto, mayores son los potenciales beneficios económicos durante toda su vida útil.
- Los impactos ambientales a generarse, se producen en la fase de construcción, operación y funcionamiento, en donde predominan las afectaciones a la calidad del aire, por los incrementos de niveles de ruido y polvo, así mismo al suelo por el derrame de aceite y/o grasa, dentro del sistema los cuales son prácticamente leves, todo este escenario se presentará hasta finalizar los trabajos a realizarse en estas fases.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la aplicación de la “Guía para la protección contra incendios de subestaciones según el estándar IEEE 979” y las normas INEN y NFPA, para asegurar la integridad de vidas humanas, instalaciones y medio ambiente presentes en el sitio de la subestación y sus alrededores, también es recomendable que desde la fase de concepción del Proyecto se establezcan aplicación de los códigos, normas y premisas que permitan maximizar la eficiencia energética del sistema contra incendios.
- Realizar un proceso de pruebas y posterior mantenimiento a todo el sistema de protección contra incendios, una vez implementado, tal como se especifica en el manual de mantenimiento del Anexo L, en base a norma NFPA 25-2011, debido a que la suciedad o envejecimiento del equipo pueden causar una falla del mismo en un momento crítico.
- Se recomienda a CELEC - EP la constante capacitación al personal de la Sub-estación, en caso de conato de incendio, en el uso de los dispositivos de activación manual, las prácticas necesarias para combatir el fuego y las vías para la salida de emergencia, de igual manera a futuro en la ampliación de la capacidad instalada de la subestación, en Dónde se manipule elementos altamente inflamables, se debe revisar la capacidad de respuesta del sistema contra incendios.
- Para el buen funcionamiento de la bomba de protección contra incendios se debe mantener el nivel de agua dentro de la cisterna en forma permanente, y como mínimo 1.5 metros de tirante de agua desde el fondo de la cisterna. Así también la cisterna de almacenamiento de agua, de acuerdo a normativa NFPA 20, deberá usarse exclusivamente para este servicio, con esto se consigue evitar cualquier riesgo por escases de agua al momento impredecible de un conato de incendio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albán, C. (2006). *Diseño de un sistema contra incendio para tanques de almacenamiento de diésel para la empresa Termopichincha Central Santa Rosa*. Escuela Politécnica del Ejército: Sangolquí – Ecuador.
2. Casals M. (2008) *Diseño de complejos industriales*. Barcelona: Ediciones UPC.
3. Cedeño, L. (2010). *Construcción e Instalación de Sistema Contra Incendio para una Central de Generación Eléctrica*. Escuela Superior Politécnica del Litoral: Guayaquil – Ecuador.
4. CEPREVEN. (1988). *Evaluación del riesgo de incendio*. Madrid: Documentos técnicos Editor.
5. Contelles, E. (2010). *Emergencias*. Barcelona: Editorial Marcombo.
6. Energy Efficiency Best Practice Guide Pumping Systems (2009). Victoria, USA.
7. Ferro, J. (2013). *Métodos científicos en la investigación de incendios*. España: Editorial Club Universitario.
8. Haro, E. (2012). *Diseño e implementación del sistema contra incendios para la Estación de captación de Gas Sacha Norte 2*. Escuela Politécnica del Ejército: Sangolquí – Ecuador.
9. MEER (2013). *Estudio de Impacto Ambiental Definitivo. Construcción de la Subestación Quinindé*. Quito – Ecuador.
10. National Fire Protection Association, Inc. (NFPA). (2013). *Operation of fire protection system*, USA, Omegatype Typography Inc.

11. Neira, J. (2008). Protección contra incendios. España: Fundación CONFEMETAL.
12. Norma API (1104). *Procedimiento de comprobación de soldadura*.
13. Norma IEEE (979). *Guía para la de protección contra incendios en subestaciones eléctricas*.
14. Norma INEN 439 (1984). *Colores, señales y símbolos de seguridad*. (1ª ed.). Quito – Ecuador.
15. Norma INEN 440 (1984). *Colores de identificación de tuberías*. (1ª ed.). Quito – Ecuador.
16. Norma INEN 878 (1985). *Rótulos, placas rectangulares y cuadradas*. (1ª ed.). Quito – Ecuador.
17. Norma INEN 037 (2009). *Diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero*. (1ª ed.). Quito – Ecuador.
18. Norma ISO 12944 (1985). *Pinturas y barnices, protección contra la corrosión de estructuras de acero con sistemas protectores de pintura*. España.
19. Norma NFPA 15 (2001). *Norma para sistemas fijos aspersores de agua para protección contra incendios*. Orlando, Florida. Organización Iberoamericana de protección contra incendios.
20. Norma NFPA 70 (2004). *Normas para la seguridad eléctrica en lugares de trabajo*. Reno, NV. Organización Iberoamericana de protección contra incendios.
21. Norma NFPA 11 (2005). *Normas para espumas de baja, media y alta expansión*. Miami Beach, Florida. Organización Iberoamericana de protección contra incendios.

22. Norma NFPA 10 (2007). *Extintores portátiles contra incendios*. Orlando, Florida. Organización Iberoamericana de protección contra incendios.
23. Norma NFPA 14 (2007). *Instalación de sistemas de tubería vertical*. Orlando. Organización Iberoamericana de protección contra incendios.
24. Norma NFPA 20 (2007). *Instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios*. Organización Iberoamericana de protección contra incendios.
25. Norma NFPA 850 (2010). *Práctica Recomendada para Protección contra Incendios para Plantas de Generación Eléctrica y Estaciones de Conversión de Corriente Directa de Alto Voltaje*. Organización Iberoamericana de protección contra incendios.
26. Norma NFPA 25 (2011). *Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas Hidráulicos de Protección contra Incendios*. Vegas, Nevada. Organización Iberoamericana de protección contra incendios.
27. Norma NFPA 24 (2013). *Norma para instalación de red privada de servicios contra incendios y sus accesorios*. Organización Iberoamericana de protección contra incendios.
28. Obando, J. (2010). *Sistemas contra incendio*. Consultado el 15 de abril de 2015 en [http://www.constructoramaukri.com/pages/sistema\\_contra\\_incendios.html](http://www.constructoramaukri.com/pages/sistema_contra_incendios.html)
29. Organización Marítima Internacional: *Código internacional de sistemas de seguridad contra incendios*, Reino Unido, MPG-Books, 2007, Págs. 320, 323, 325 y 328.
30. Ortiz, N. (2011). *Guía para la protección contra incendios de subestaciones eléctricas según el estándar IEEE 979*. Escuela Politécnica Nacional: Quito – Ecuador.

31. Pachacama, A. (2012). *Diseño y propuesta de construcción de un sistema de detección, alarma, y control de incendios en la Subestación cristiana N° 18 de la E.E.Q.S.A.* Universidad Politécnica Salesiana: Quito – Ecuador.
32. Paz, A. (2010). *Diseño de un Sistema Hídrico para combate de incendios en planta Aloag de Acería del Ecuador S.A ADELCA.* Universidad San Francisco de Quito: Quito – Ecuador.
33. Peña, A. (2013). *Operacionalización de variables.* Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión: Perú.
34. Quintela, J. (2011). *Instalaciones contra incendios.* España: Editorial UOC.
35. SENPLADES: *Plan Nacional del Buen Vivir*, Quito-Ecuador, 2013, Págs. 73 y 74.
36. Sjogren, Ch. (2011). *Estudio, diseño y aplicación de P.B.D. en un centro de transformación.* Universidad Pontificia Comillas: Madrid – España.
37. Spirax Sarco Engineering. (2010). *Valves, Traps, Controls & Meters.* USA: LSE Editorial.

# **ANEXOS**

## ANEXO A

TABLA DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS CÉDULA 40.

Flow			Velocity		Pressure Drop			
<i>(m<sup>3</sup>/s)</i>	<i>(liter/s)</i>	<i>(US gpm)</i>	<i>(m/s)</i>	<i>(ft/s)</i>	<i>(Pa/100m)</i>	<i>(mmH<sub>2</sub>O/100m)</i>	<i>(psi/100ft)</i>	<i>(ftH<sub>2</sub>O/100ft)</i>
0.016	16.0	254	0.86	2.8	4783	488	0.21	0.49
0.017	17.0	269	0.91	3.0	5400	551	0.24	0.55
0.018	18.0	285	0.97	3.2	6054	617	0.27	0.62
0.019	19.0	301	1.02	3.3	6745	688	0.3	0.69
0.02	20	317	1.07	3.5	7474	762	0.33	0.76
0.03	30	476	1.61	5.3	15975	1629	0.71	1.63
0.04	40	634	2.1	7.0	26905	2744	1.19	2.7
0.05	50	750	2.7	8.8	42040	4287	1.86	4.3
0.06	60	951	3.2	10.6	60537	6173	2.7	6.2
0.07	70	1110	3.8	12.3	82398	8402	3.6	8.4
0.08	80	1268	4.3	14.1	101643	10365	4.5	10.4
0.09	90	1427	4.8	15.9	128642	13118	5.7	13.1
0.1	100	1585	5.4	17.6	158817	16195	7.0	16.2
0.11	110	1744	5.9	19.4	192168	19595	8.5	19.6



**ANEXO B**  
**INFORMACIÓN SOBRE BOMBAS CENTRÍFUGAS**

Tabla 4.26 Resumen de información sobre bombas centrífugas contra incendios (sistema estadounidense)							
Tamaños mínimos de tuberías (Nominal) (pulg.)							
Clasificación de bomba (GPM)	Succión <sup>a,b,c</sup>	Descarga	Válvula de alivio	Descarga de válvula de alivio	Dispositivo de medición	Cantidad y tamaño de válvulas de manguera	Suministro de cabezal de manguera
25	1	1	¾	1	1 ¼	1 - 1 ½	1
50	1 ½	1 ¼	1	1 ½	2	1 - 1 ½	1 ½
100	2	2	1	2	2 ½	1 - 2 ½	2 ½
150	2 ½	2 ½	2	2 ½	3	1 - 2 ½	2 ½
200	3	3	2	2 ½	3	1 - 2 ½	2 ½
250	3 ½	3	2	2 ½	3 ½	1 - 2 ½	3
300	4	4	2	3 ½	3 ½	1 - 2 ½	3
400	4	4	3	5	4	2 - 2 ½	4
450	5	5	3	5	4	2 - 2 ½	4
500	5	5	3	5	5	2 - 2 ½	4
750	6	6	4	6	5	3 - 2 ½	6
1000	8	6	4	8	6	4 - 2 ½	6
1250	8	8	6	8	8	6 - 2 ½	8
1500	8	8	6	8	8	6 - 2 ½	8
2000	10	10	6	10	8	6 - 2 ½	8
2500	10	10	6	10	8	8 - 2 ½	10
3000	12	12	8	12	8	12 - 2 ½	10
3500	12	12	8	12	10	12 - 2 ½	12
4000	14	12	8	14	10	16 - 2 ½	12
4500	16	14	8	14	10	16 - 2 ½	12
5000	16	14	8	14	10	20 - 2 ½	12

*Notas:*

- (1) Debe permitirse que la válvula de alivio de presión este dimensionada de acuerdo con lo establecido en 4.18.2.1.
- (2) Debe permitirse que la descarga de la válvula de alivio de presión esté dimensionada de acuerdo con lo establecido en 4.18.6.2.
- (3) Debe permitirse que el dispositivo medidor de flujo este dimensionado de acuerdo con lo establecido en 4.19.2.2.
- (4) Debe permitirse que el suministro del cabezal de manguera esté dimensionado de acuerdo con lo establecido en 4.19.3.4.

<sup>a</sup> Se permite que el diámetro real de una brida de bomba sea diferente del diámetro de la tubería.

<sup>b</sup> Se aplica sólo a la porción de tubería de succión especificada en 4.14.3.4.

<sup>c</sup> En la mayoría de los casos, los tamaños de tuberías de succión en la Tabla 4.26(a) y la tabla 4.26 (b), se basan en una velocidad máxima a 150 por ciento de la capacidad clasificada a 15 pies/seg (4.6 m/seg).

## ANEXO C

### TOTAL DYNAMIC HEAD

ALTURA ESTÁTICA				ALTURA DINÁMICA					
Δh		ΔP		Perdidas Primarias		Perdidas Secundarias		Pérdidas por velocidad	
psi	mca	psi	mca	psi	mca	psi	mca	psi	mca
2,15	0,7	94,5	66,48	7,15	4,99	5,78	4,03	0,2748	0,1918
TOTAL	96,65	psi	TOTAL	13,20	psi				
	67,18	mca		9,21	mca				

<b>TDH (psi)</b>	109,85
<b>TDH (mca)</b>	76,39

\*Detalle Pérdidas Primarias y Secundarias.

ITEM	DESCRIPCION	LONGITUD (m)	Hf (m,c,a)	Hf (psi)
1	TUBERÍA DE 6"	48	0,34	0,49
2	TUBERÍA DE 4"	96	4,96	7,10
3	TUBERÍA DE 2"	2,2	0,03	0,04
4	TUBERÍA DE 1 "	8	1,80	2,58
5	TUBERÍA DE 3/4"	0	0,00	0,00
6	TUBERÍA DE 1/2"	7,3	0,35	0,50
7	TUBERÍA DE 1/4"	0	0,00	0,00
Σ			4,99	7,15

ITEM	DESCRIPCION	HT (Ft)	L. EQUIV. (100 Ft)	PRESS (PSI/100 Ft)	PRESS (PSI)	PRESS (m.c.a)
1	ACCESORIOS DE 2"	137,20	1,37	1,43	1,96	1,37
2	ACCESORIOS DE 1 1/2"	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00
3	ACCESORIOS DE 1 1/4 "	17,06	0,17	0,75	0,13	0,09
4	ACCESORIOS DE 1 "	102,34	1,02	0,89	0,91	0,64
5	ACCESORIOS DE 3/4"	9,84	0,10	1,97	0,19	0,14
6	ACCESORIOS DE 1/4 "	7,54	0,08	0,84	0,06	0,04
Σ					3,26	2,27

ALTURA DINAMICA	TDH (Psi)	TDH (m.c.a)
Pérdidas por Friccion Primarias (Tuberías)	7,15	4,99
Pérdidas por Friccion Secundarias (Accesorios)	5,78	4,03
<b>Altura Dinámica</b>	12,92	9,02

## ANEXO D

### DILATACIÓN Y SOPORTE DE TUBERÍAS.

**Dilatación** Las tuberías siempre se instalan a temperatura ambiente. Cuando transportan fluidos calientes, como agua o vapor, funcionan a temperaturas superiores y por lo tanto, se expanden, especialmente en longitud, al pasar de temperatura ambiente a la temperatura de trabajo. Esto creará tensiones en ciertas zonas del sistema de distribución, como las juntas de las tuberías, que pueden llegar a romperse. La dilatación puede calcularse mediante la siguiente ecuación, o encontrarse en los gráficos adecuados.

$$\text{Dilatación} = L \times \Delta_t \times \alpha \text{ (mm)}$$

Dónde: L = Longitud de tubería entre anclajes (m)  
 $\Delta_t$  = Diferencia de temperatura °C  
 $\alpha$  = Coeficiente de dilatación (mm/m°C) x 10<sup>-3</sup>

Tabla 4 Coeficientes de dilatación ( $\alpha$ )

Material	Rango de temperatura °C							
	< 0	0 - 100	0 - 200	0 - 315	0 - 400	0 - 485	0 - 600	0 - 700
Acero suave 0,1-0,2 % C	12,8	14,0	15,0	15,6	16,2	17,8	17,5	-
Acero aleado 1 % Cr 0,5 % Mo	13,8	14,4	15,1	15,8	16,6	17,3	17,6	-
Acero inoxidable 18 % Cr 8 % Ni	9,4	20,0	20,9	21,2	21,8	22,3	22,7	23,0

**Ejemplo** Encuentre la dilatación de 30 m de tubería al pasar de temperatura ambiente (10°C) a 152°C (vapor a 4 bar)

$$\begin{aligned} L &= 30 \text{ m} \\ \Delta_t &= 152^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 142^\circ\text{C} \\ \alpha &= 15,0 \times 10^{-3} \text{ mm/m}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{Dilatación} = 30 \times 142 \times 15,0 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$\text{por tanto, dilatación} = 64 \text{ mm}$$

Alternativamente, se puede determinar la dilatación de la tubería mediante la Tabla 6 (página 41) para el cálculo de dilatación en 10 m de tubería de distintos materiales. Los gráficos como el de la Figura 34 (página 42) son también un método fácil para determinar la dilatación.

## ANEXO E

## CALCULO DE CARGA A FUEGO, PONDERADA Y CORREGIDA EN FUNCION DE LAS ACTIVIDADES

actividades de almacenamiento

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{)}$$

actividades de producción

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{pi} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{)}$$

Donde:

**Q<sub>s</sub>**= densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m<sup>2</sup>.**q<sub>vi</sub>**= carga de fuego(actividad de almacenamiento), aportada por cada m<sup>3</sup> de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m<sup>3</sup>.**q<sub>pi</sub>**= carga de fuego(actividad de producción), aportada por cada m<sup>2</sup> de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m<sup>2</sup>.**C<sub>i</sub>**= coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.**h<sub>i</sub>**= altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.**S<sub>i</sub>**= superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m<sup>2</sup>.**R<sub>a</sub>**= coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.**A**= superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m<sup>2</sup>.

## Datos generales del establecimiento

La superficie total del sector o establecimiento, A = 33 m<sup>2</sup>

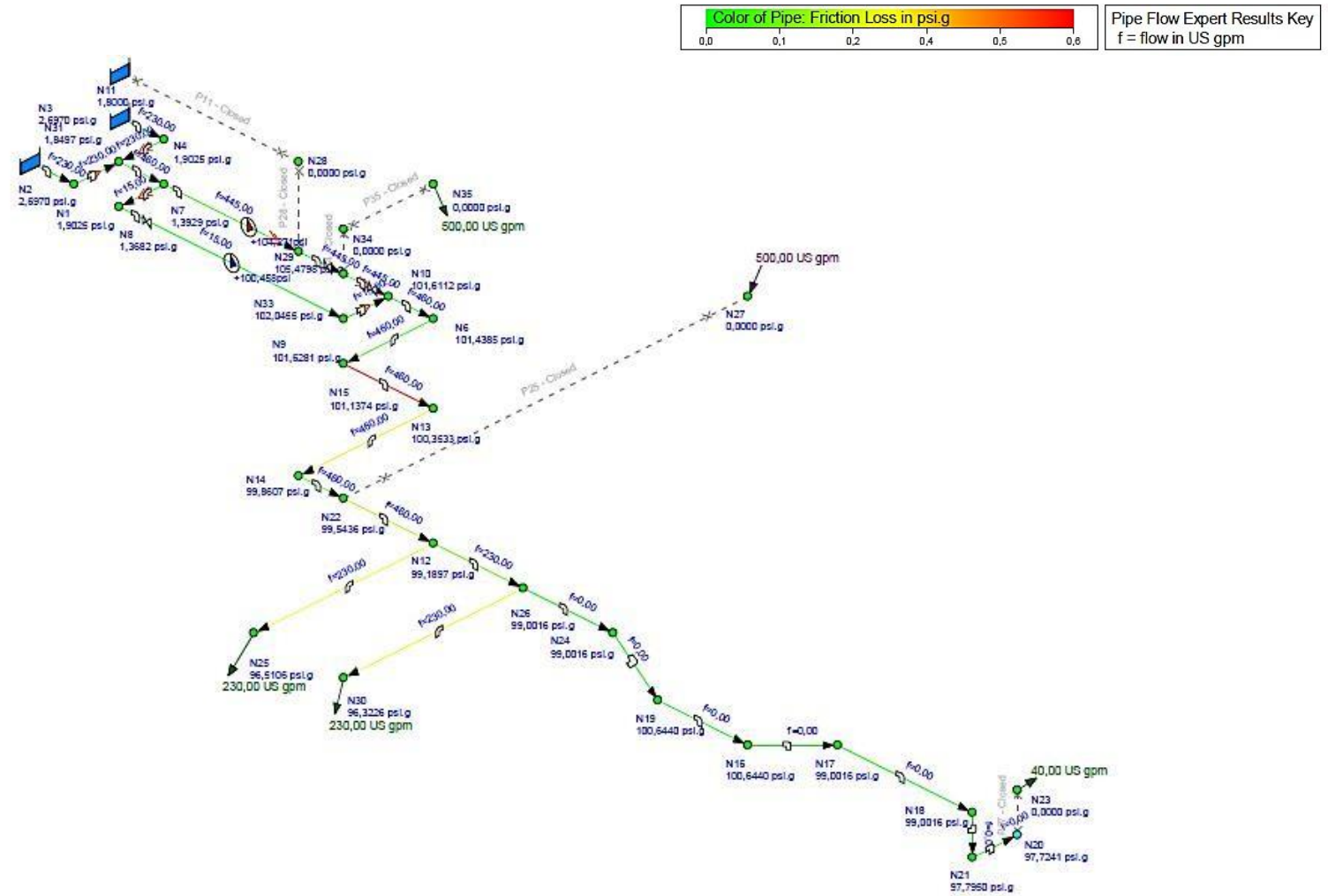
## Datos de las actividades

id	Tipo	Actividad industrial	Ra	q <sub>vi</sub> o q <sub>pi</sub>	C <sub>i</sub>	h <sub>i</sub>	S <sub>i</sub>	Suma
				MJ/m <sup>3</sup> o MJ/m <sup>2</sup>				
1	Almac.	Aceites: mineral, vegetal y animal	2	18900	1.6	1	1	30240
2	Almac.	Aparatos electricos	1	400	1.3	1	1	520
3	Almac.	Cables	1.5	600	1.3	1	1	780
Mayor riesgo de activación, cuya actividad ocupa más del 10% de la suma de superficies			<b>Ra</b>	<b>2</b>	<b>Total</b>			<b>31540</b>

$$Q_s = 31540 / 33 \times 2 = 1912 \text{ MJ/m}^2$$

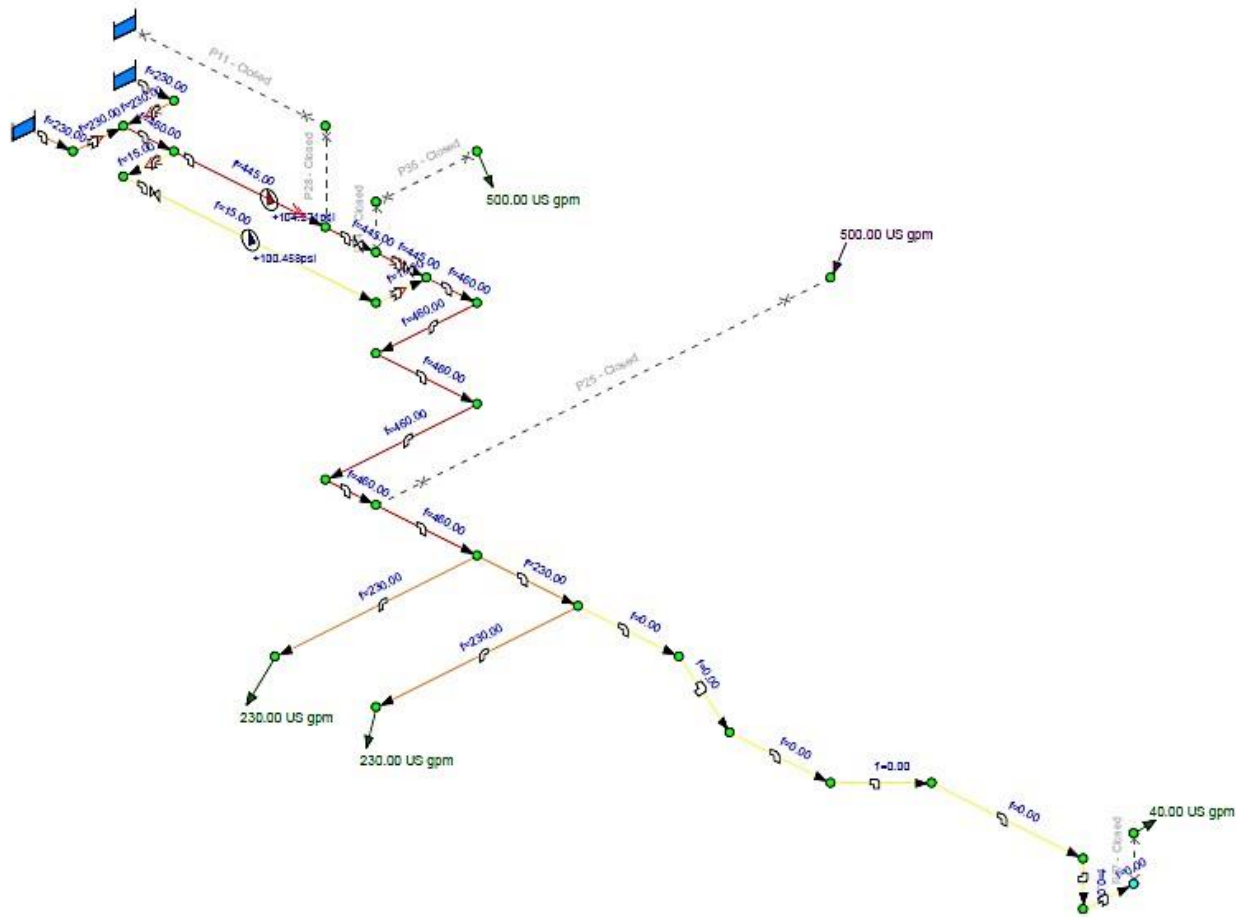
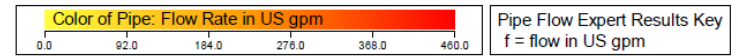
## ANEXO F

### Cálculo de las pérdidas de carga en el sistema por tubería y accesorio.



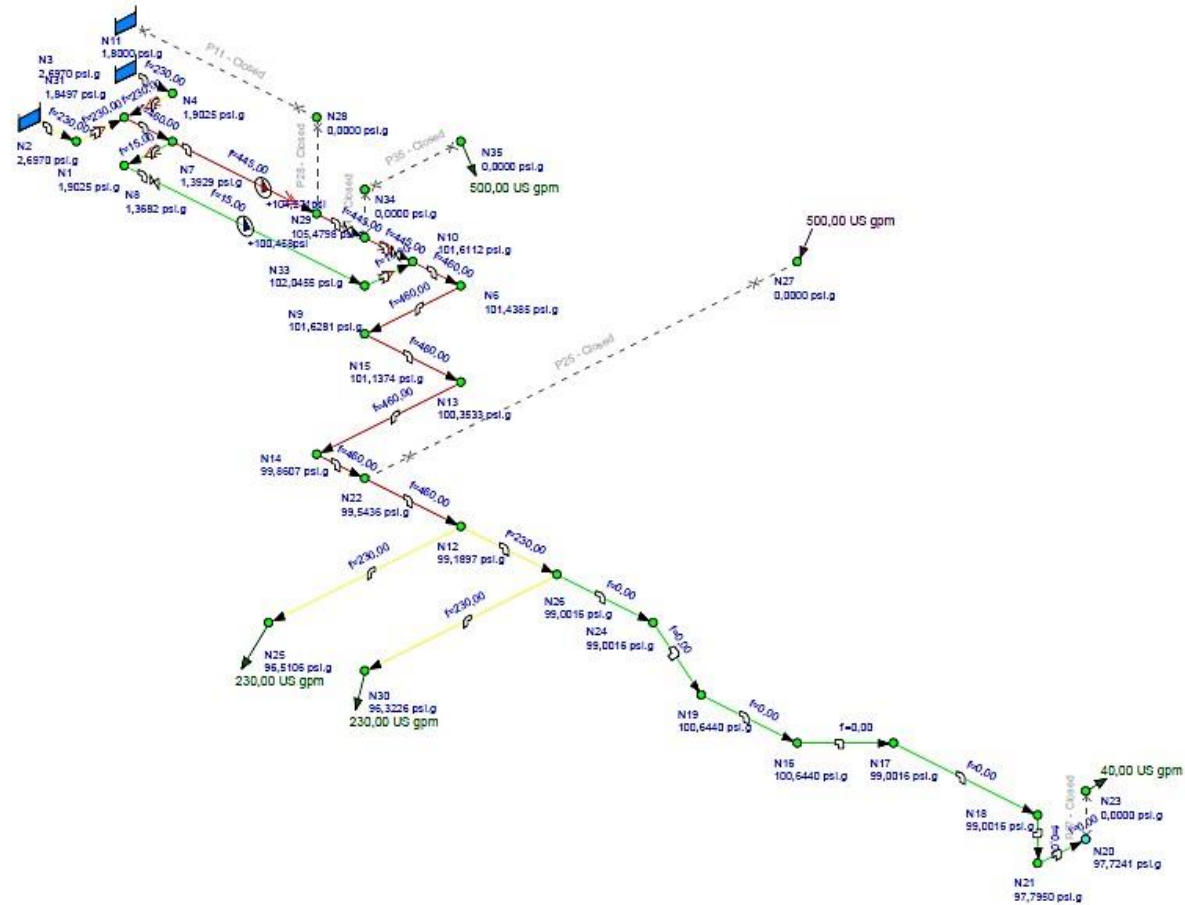
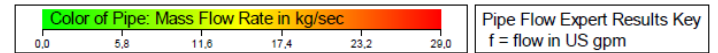
Fuente: Pipe Flow Expert

## Cálculo del caudal por ramal y por tubería.



Fuente: *Pipe Flow Expert.*

## Cálculo del flujo másico por ramal y por tubería.

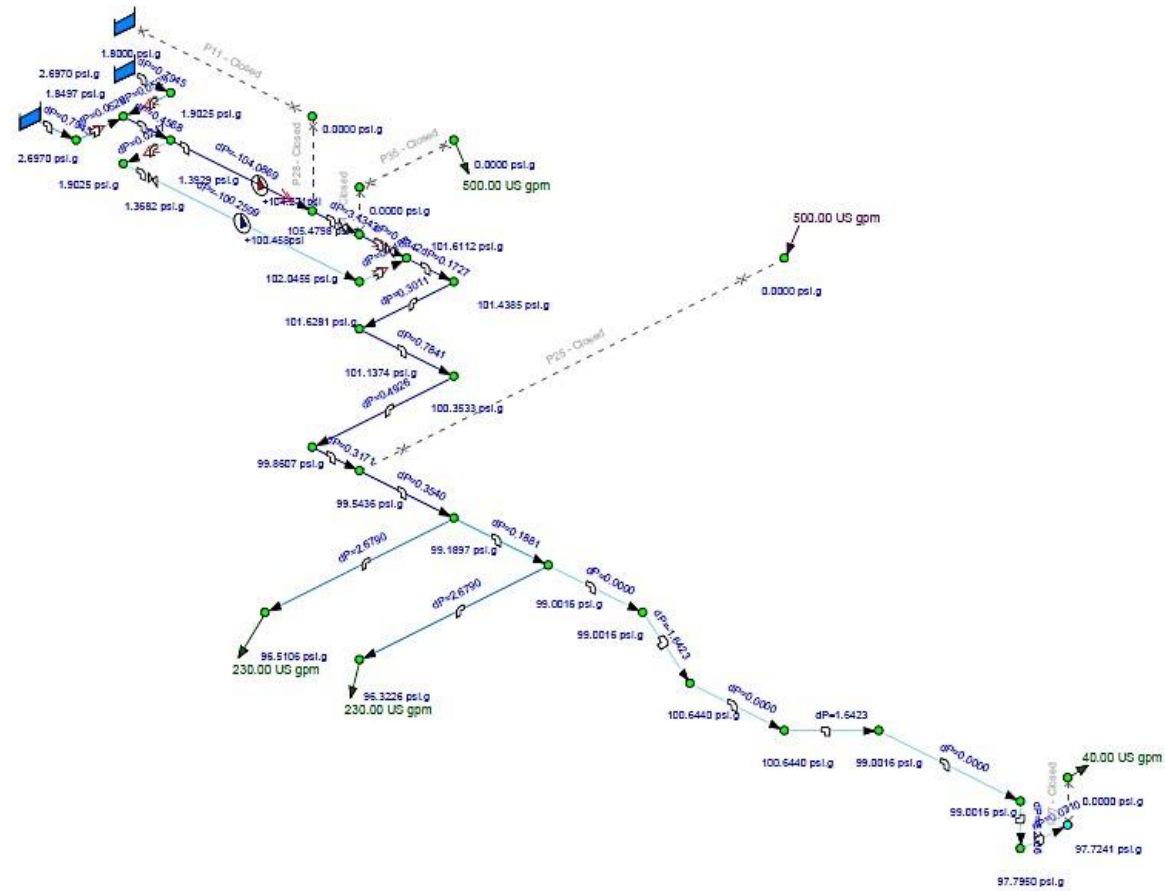
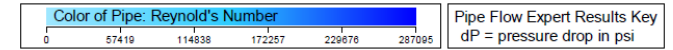


Fuente: Pipe Flow Expert





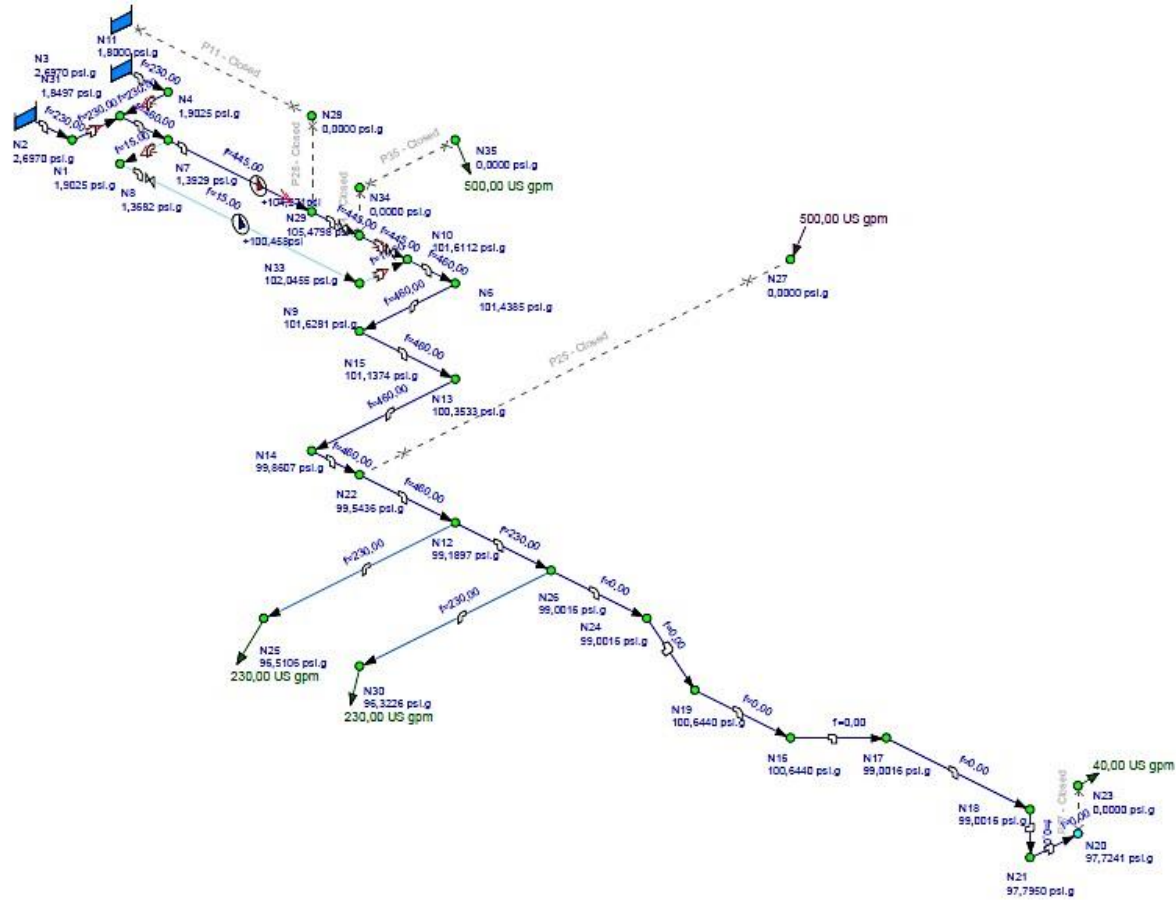
## Cálculo del número de Reynolds por tubería.



Fuente: Pipe Flow Expert.



## Cálculo del diámetro de la tubería.



Fuente: Pipe Flow Expert.



## Datos de tubería – sistema.

Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter inch	Length m	Total K	Flow US gpm	Velocity m/sec	Reynolds Number	Friction Loss psi	Fittings Loss psi	Pump Head (+) psi
P1	1" Steel (ANSI) Sch.	2,067	4,000	12,2700	15,00	0,437	22859	0,0284	0,1697	100,458
P2	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	1,600	0,3200	445,00	2,175	277733	0,0747	0,1096	104,271
P3	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	1,000	0,7800	230,00	1,124	143547	0,0134	0,0714	
P4	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	0,600	0,4900	230,00	1,124	143547	0,0080	0,0448	
P5	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	1,000	0,7800	230,00	1,124	143547	0,0134	0,0714	
P6	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	0,600	0,4900	230,00	1,124	143547	0,0080	0,0448	
P7	1" Steel (ANSI) Sch.	2,067	1,260	1,1400	15,00	0,437	22859	0,0090	0,0158	
P9	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	1,118	0,3200	460,00	2,249	287095	0,0556	0,1171	
P10	1" Steel (ANSI) Sch.	2,067	1,260	0,5700	15,00	0,437	22859	0,0090	0,0079	
P12	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	2,450	0,4900	460,00	2,249	287095	0,1219	0,1793	
P13	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	12,160	0,4900	460,00	2,249	287095	0,6048	0,1793	
P14	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	6,300	0,4900	460,00	2,249	287095	0,3133	0,1793	
P15	4" Steel (ANSI) Sch. 40	4,026	7,000	1,1500	230,00	1,767	179951	0,2900	0,2598	
P16	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	1,900	0,4900	0,00	0,000	0	0,0000	0,0000	
P17	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	2,770	0,4900	460,00	2,249	287095	0,1378	0,1793	
P18	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	0,880	0,2500	0,00	0,000	0	0,0000	0,0000	
P19	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	0,540	0,3200	0,00	0,000	0	0,0000	0,0000	
P20	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	0,880	0,2500	0,00	0,000	0	0,0000	0,0000	
P21	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	8,000	0,2500	0,00	0,000	0	0,0000	0,0000	
P22	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	1,300	0,4900	0,00	0,000	0	0,0000	0,0000	
P23	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	19,950	0,2500	0,00	0,000	0	0,0000	0,0000	
P24	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	2,048	0,9700	460,00	2,249	287095	0,1019	0,3549	
P26	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	4,763	0,3200	460,00	2,249	287095	0,2369	0,1171	
P29	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	0,800	9,9200	445,00	2,175	277733	0,0373	3,3970	
P30	4" Steel (ANSI) Sch. 40	4,026	7,000	1,1500	230,00	1,767	179951	0,2900	0,2598	
P31	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	11,850	0,3200	230,00	1,124	143547	0,1588	0,0293	
P33	6" Steel (ANSI) Sch.	5,047	1,600	1,0500	445,00	2,175	277733	0,0747	0,3596	
Closed. P28	1" Steel (ANSI) Sch.	2,067	1,885							



### Datos por nodos de las tuberías – sistema.

Node Id	Node	Elevation m	Liquid Level m	Press. at Node psi.g	HGL at Node psi.g	Demand In US gpm	Demand Out US gpm	Total Flow In US gpm	Total Flow Out US gpm
1	N1	0,500	N/A	1,9025	2,6123	0,00	0,00	230,00	230,00
2	N2	0,000	1,900	2,6970	2,6970	N/A	N/A	0,00	230,00
3	N3	0,000	1,900	2,6970	2,6970	N/A	N/A	0,00	230,00
4	N4	0,500	N/A	1,9025	2,6123	0,00	0,00	230,00	230,00
6	N6	0,500	N/A	101,4385	102,1483	0,00	0,00	460,00	460,00
7	N7	0,500	N/A	1,3929	2,1026	0,00	0,00	460,00	460,00
8	N8	0,500	N/A	1,3682	2,0779	0,00	0,00	15,00	15,00
9	N9	0,500	N/A	101,6281	102,3378	0,00	0,00	15,00	15,00
10	N10	0,500	N/A	101,6112	102,3210	0,00	0,00	460,00	460,00
11	N11	0,000	0,000	1,8000	1,8000	N/A	N/A	0,00	0,00
12	N12	0,500	N/A	99,1897	99,8994	0,00	0,00	460,00	460,00
13	N13	0,500	N/A	100,3533	101,0631	0,00	0,00	460,00	460,00
14	N14	0,500	N/A	99,8607	100,5704	0,00	0,00	460,00	460,00
15	N15	0,500	N/A	101,1374	101,8471	0,00	0,00	460,00	460,00
16	N16	-0,657	N/A	100,6440	99,7114	0,00	0,00	0,00	0,00
17	N17	0,500	N/A	99,0016	99,7114	0,00	0,00	0,00	0,00
18	N18	0,500	N/A	99,0016	99,7114	0,00	0,00	0,00	0,00
19	N19	-0,657	N/A	100,6440	99,7114	0,00	0,00	0,00	0,00
20	N20	1,400	N/A	97,7241	99,7114	0,00	0,00	0,00	0,00
21	N21	1,350	N/A	97,7950	99,7114	0,00	0,00	0,00	0,00
22	N22	0,500	N/A	99,5436	100,2534	0,00	0,00	460,00	460,00
23	N23	2,000	N/A	0,0000	2,8390	0,00	40,00	0,00	40,00
24	N24	0,500	N/A	99,0016	99,7114	0,00	0,00	0,00	0,00
25	N25	2,000	N/A	96,5106	99,3496	0,00	230,00	230,00	230,00
26	N26	0,500	N/A	99,0016	99,7114	0,00	0,00	230,00	230,00
27	N27	0,500	N/A	0,0000	0,7097	500,00	0,00	500,00	0,00
28	N28	1,885	N/A	0,0000	2,6757	0,00	0,00	0,00	0,00
29	N29	0,500	N/A	105,4798	106,1895	0,00	0,00	445,00	445,00
30	N30	2,000	N/A	96,3226	99,1616	0,00	230,00	230,00	230,00
31	N31	0,500	N/A	1,8497	2,5594	0,00	0,00	460,00	460,00
33	N33	0,500	N/A	102,0455	102,7552	0,00	0,00	445,00	445,00
34	N34	0,400	N/A	0,0000	0,5678	0,00	0,00	0,00	0,00
35	N35	0,400	N/A	0,0000	0,5678	0,00	500,00	0,00	500,00





**ANEXO G**

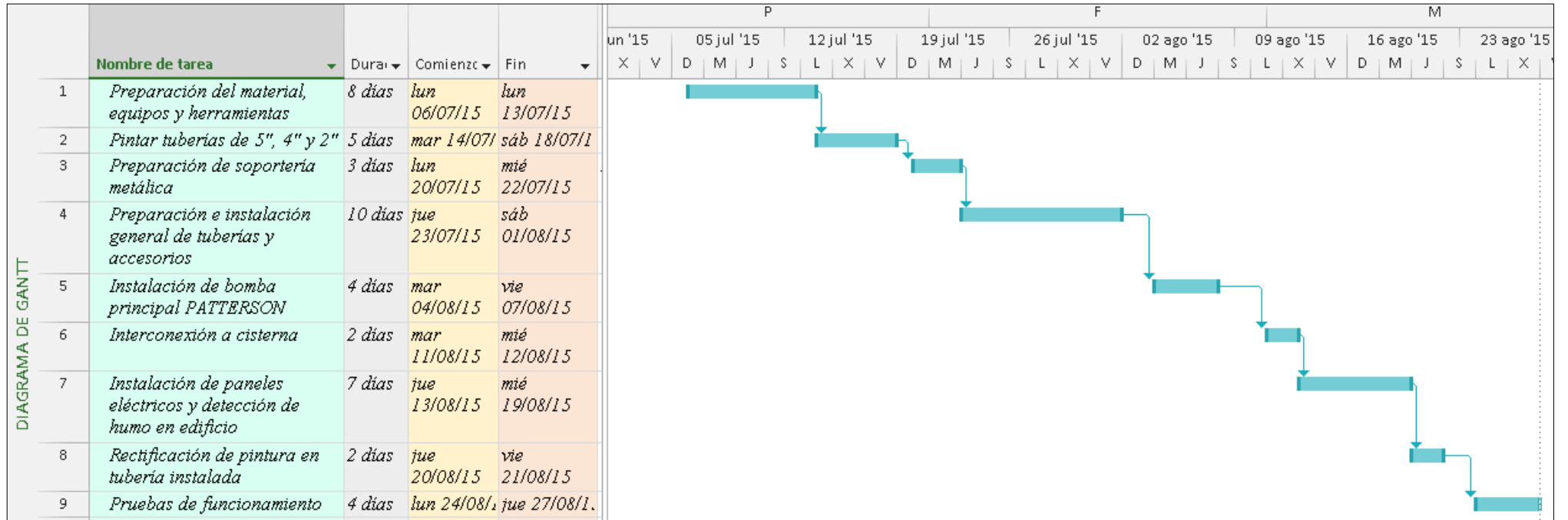
**LISTADO DE EQUIPOS, TUBERÍAS Y ACCESORIOS**

No	UNIDAD	CANT.	DESCRIPCIÓN
<b>Tubería s/c BW Sch.Std ANSI B 36.10 A53-GRB/A106-GRB</b>			
1	m	96	Ø= 4"
2	m	48	Ø= 6"
<b>Tubería s/c BW Sch.10S ANSI B 36.10 A312-TP304L(Bajante para cables Bomba Paterson)</b>			
3	m	2.2	Ø= 2"
<b>Tubería s/c SE Sch.40S ANSI B 36.10 A312-TP304L</b>			
4	m	7.3	Ø= 1/2"
<b>Tubería s/c SE Sch.40S ANSI B 36.10 A312-TP304L (Bajante para cables Bomba Jokey)</b>			
5	m	2.0	Ø= 1"
<b>Tubería s/c SE Sch.40S ANSI B 36.10 A312-TP304L</b>			
6	m	0.3	Ø= 1/4"
<b>Tubería s/c SE Sch.XS ANSI B 36.10 A106-GRB</b>			
7	m	5.8	Ø= 1"
<b>Codo de 45° BW Sch.Std ANSI B 16.9 A234-WPB-S</b>			
8	U	6	Ø= 4"
<b>Codo de 90° BW Sch.Std ANSI B 16.9 A234-WPB-S</b>			
9	U	6	Ø= 6"
10	U	9	Ø= 4"
<b>Codo de 90° BW Sch.10S ANSI B 16.9 A182-F304L (Bajante para cables Bomba Paterson)</b>			
11	U	1	Ø= 2"
<b>Codo de 90° SE Sch.40S ANSI B 16.9 A182-F304L (Bajante para cables Bomba Jokey)</b>			
12	U	1	Ø= 1"
<b>Codo de 90° SE Sch.40S ANSI B 16.9 A182-F304L</b>			
13	U	4	Ø= 1/2"
14	U	1	Ø= 1/4"
<b>Codo de 90° SE Sch.XS ANSI B 16.9 A105</b>			
15	U	2	Ø= 1"
<b>Tee BW Sch.Std ANSI B 16.9 A234-WPB-S</b>			
16	U	1	Pareja. D = 4" x 4"
17	U	4	Pareja. D = 6" x 6"
18	U	1	Pareja. D = 4" x 4"
19	U	1	Pareja. D = 4" x 4"
<b>Tee SE Sch.40S ANSI B 16.9 A182-F304L</b>			

20	U	1	Pareja. D = 1/2" x 1/2"
21	U	2	Reducida. D = 1/2" x 1/4"
<b>Vitaulic fire proteccion/ASTM A 126-B/ANSI 300</b>			
22	U	8	Vitáulica
<b>Union. Vitáulicas FM/UL</b>			
23	U	42	Ø= 4"
24	U	28	Ø= 6"
<b>Válvula de mariposa.FL. Clase 300.ANSI B 18.2.1.AISI 316/ FM / UL</b>			
25	U	1	Ø= 6"
<b>Válvulas en acero inoxidable de ½ vuelta 3C, / FM / UL</b>			
26	U	2	Ø= 1/4"
<b>Manómetros Dial 3" / Mando ¼" / 0 -250 psi</b>			
27	U	2	Mando = 1/4"
<b>U-Bolt</b>			
28	U	9	5/8". DN 6". ANSI/MSS SP-69 and MSS SP-58
<b>U-Bolt</b>			
29	U	18	5/8". DN 4". ANSI/MSS SP-69 and MSS SP-58
<b>Pernos – Hilty</b>			
30	U	54	Hilty 5/8". X-M8-15-y y P8
<b>Soporte tubería, perfil CPN</b>			
31	U	27	CPN. Acero Galvanizado. ASTM A36, L = 400 mm
<b>Válvula de retencion.BW/FL. Clase 150.API 602.A216-WCB / FM / UL</b>			
32	U	1	Ø= 6"
33	U	2	Ø= 4"
<b>Válvula de retencion.SE. Clase 150.ANSI B 18.2.1.AISI 316 / FM / UL</b>			
34	U	1	Ø= 1/2"
35	U	1	Ø= 1"
<b>Válvula de compuerta.BW/FL. Clase 150.API 602.A216-WCB / FM / UL</b>			
36	U	3	Ø= 4"
37	U	1	Ø= 6"
<b>Válvula de compuerta.SE. Clase 150.ANSI B 18.2.1.AISI 316 / FM / UL</b>			
38	U	2	Ø= 1"
<b>Válvula de bola.SE. Clase 150.ANSI B 18.2.1.AISI 316 / FM / UL</b>			
39	U	4	Ø= 1/2"
<b>Reducido conc. BW Sch.Std ANSI B 16.9 A234-WPB-S</b>			
40	U	5	Ø= 4" x 6"
41	U	1	Ø= 5" x 6", para descarga de bomba.
42	U	1	Ø= 3" x 6", para succión de bomba.
<b>Tapón .Roscado Cabeza Hexagonal ANSI B 16.9 A234-WPB-S</b>			
43	U	1	Ø= 4"

<b>Tapón .Roscado Cabeza Cuadrada ANSI B 16.9 A182-F304L</b>			
<b>44</b>	U	2	Ø= 1/4"
<b>Tapá. Caps ANSI B 16.9 A234-WPB-S</b>			
<b>45</b>	U	2	Ø= 4"
<b>Monitor de espuma: Caudal 1250.0 (GPM) / Omega XPV / Style 3523 / FM / UL</b>			
<b>46</b>	U	2	Ø= 4"
<b>Chifón Hidrofoam, modelo FAM-0M5, 500 GPM, PARA MONITOR DE ESPUMA / FM / UL</b>			
<b>47</b>	U	2	Ø= 4"
<b>Brida Welding Neck (RF) Clase 300 A105 ANSI B 16.5</b>			
<b>48</b>	U	7	Ø= 6"
<b>49</b>	U	12	Ø= 4"
<b>50</b>	U	1	Ø= 3"
<b>51</b>	U	2	Ø= 1"
<b>Tornillos cabeza hexagonal. ANSI B 16.5, roscados según ANSI B 1.1, ASTM A-193 B7M</b>			
<b>52</b>	U	56	Ø= 3/4" x 3 1/4"
<b>53</b>	U	100	Ø= 5/8" x 3"
<b>54</b>	U	8	Ø= 1/2" x 2"
<b>Tuerca hexagonal. Roscada según ANSI B 1.1, ASTM A-1942HM</b>			
<b>55</b>	U	56	Ø= 3/4"
<b>56</b>	U	100	Ø= 5/8"
<b>57</b>	U	8	Ø= 1/2"
<b>Arandelas según ANSI B 1.1, Acero al Carbono</b>			
<b>58</b>	U	56	Ø= 3/4"
<b>59</b>	U	100	Ø= 5/8"
<b>60</b>	U	8	Ø= 1/2"
<b>Toma Siamesa. Modelo-Norma / FM/UL / ANSI</b>			
<b>61</b>	U	2	Ø= 4 x 2-1/2"
<b>62</b>	U	1	<b>Patterson-500GPM-110 psi- ØSuc= 5"- ØDes= 3"- 3525RPM</b>
<b>63</b>	U	1	<b>Jokey-156GPM-119 psi- ØSuc= 2"- ØDes= 2"- 3450RPM</b>

## ANEXO H CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



## ANEXO I

### PROCESOS DE SOLDADURA Y VARIABLES.

ID	PROCESO	CÓDIGO
1	Soldadura con oxígeno y gas combustible (OFW)	QW-252; QW 252.1
2	Soldadura de arco con electrodo recubierto (SMAW)	QW-253; QW 253.1
3	Soldadura de arco sumergido (SAW)	QW-254; QW 254.1
4	Soldadura de arco con electrodo metálico y gas de protección (GMAW y FCAW)	QW-255; QW 255.1
5	Soldadura de arco con electrodo metálico y gas de protección (GMAW y FCAW)	QW-256; QW 256.1
6	Soldadura de arco con electrodo de tungsteno y gas de protección (GTAW)	QW-257; QW 257.1
7	Soldadura de arco con plasma (PAW)	QW-258; QW 258.1
8	Soldadura Electro-escoria (ESW)	QW-258; QW 258.1
9	Soldadura de Electrogas (EGW) Soldadura de arco metálico con gas automatizada para posición verticalmente	QW-259
10	Soldadura con rayo de electrones (EBW)	QW-260
11	Soldadura de pernos	QW-261
12	Soldadura por fricción por accionamiento continuo y por inercia	QW-262
13	Soldadura por resistencia	QW-263
14	Soldadura con rayo láser (LBW)	QW-264; QW 264.1

## ANEXO J UNION VITAUICA

Uniones ranuradas para tuberías

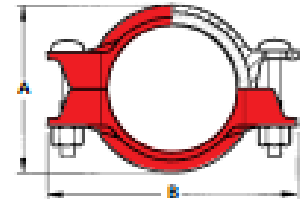
### Uniones Flexibles

#### Clase 7705 para presiones medias



Las uniones flexibles de la clase 7705 son apropiadas para aplicaciones con presión moderada, en las que pueden aparecer expansión, contracción o flexión causadas por cambios de temperatura, temblores sísmicos u otras causas de vibración.

Acabado en pintura epoxi, galvanizado o epoxi



#### Class 7705 Datos técnicos-Dimensiones

unidades mm/pulgadas

Diámetro unión	Diámetro exterior tubería	Máxima presión de trabajo (1)	Máxima carga en los extremos (1)	Separación entre tuberías (2)	Dimensiones			Flexión por unión Grados	Flexión Tubería (2) mm/5.5M Pulgadas/pie	Tamaño perno Ø x L Pulgadas	Peso Kgs/lbs
					A	B	C				
25	33.4	3.5	3.0	0-16	57	100	46	2°-43°	260	3/8 x 2	0.6
1"	1.315	500	679	0-0.06	2.24	3.94	1.81				
--	43.2	3.5	4.92	0-16	66	103	46	2°-10°	308	3/8 x 2	0.66
1-1/4"	1.660	500	1,082	0-0.06	2.60	4.06	1.81				
40	48.3	3.5	6.3	0-16	72	108	46	1°-54°	182	3/8 x 2	0.70
1-1/2"	1.900	500	1,407	0-0.06	2.83	4.25	1.81				
50	60.3	3.5	9.9	0-16	84	129	48	1°-31°	146	3/8 x 2	0.80
2"	2.375	500	2,214	0-0.06	3.31	5.08	1.89				
--	73.0	3.5	14.4	0-16	99	142	48	1°-12°	120	3/8 x 2	0.90
2-1/2"	2.875	500	3,244	0-0.06	3.90	5.59	1.89				
65	76.1	3.5	15.7	0-16	102	147	48	1°-12°	116	3/8 x 2	0.95
3" OD	3.000	500	3,523	0-0.06	4.02	5.79	1.89				
80	88.9	3.5	21.4	0-16	116	169	48	1°-02°	99	1/2 x 3	1.38
3"	3.500	500	4,808	0-0.06	4.57	6.65	1.89				
100	114.3	3.5	35.4	0-32	145	197	52	1°-36°	154	1/2 x 3	1.86
4"	4.500	500	7,948	0-0.13	5.71	7.76	2.05				
--	108.0	3.5	31.5	0-32	138	192	52	1°-41°	162	1/2 x 3	1.68
4-1/4" OD	4.250	500	7,089	0-0.13	5.43	7.56	2.05				
125	141.3	3.1	48.6	0-32	172	234	52	1°-19°	125	5/8 x 3-1/2	2.95
5"	5.563	450	10,932	0-0.13	6.77	9.21	2.05				
--	133.0	3.1	43.3	0-32	165	231	52	1°-22°	132	5/8 x 3-1/2	2.72
5-1/4" OD	5.250	450	9,736	0-0.13	6.50	9.09	2.05				
125	139.7	3.1	42.6	0-32	170	233	52	1°-19°	126	5/8 x 3-1/2	2.92
5-1/2" OD	5.500	450	10,686	0-0.13	6.69	9.17	2.05				
150	168.3	3.1	69.0	0-32	200	268	54	1°-07°	105	5/8 x 3-1/2	3.10
6"	6.625	450	15,504	0-0.13	7.87	10.55	2.13				
--	159.0	3.1	61.4	0-32	190	253	52	1°-09°	111	5/8 x 3-1/2	2.90
6-1/4" OD	6.250	450	13,799	0-0.13	7.48	9.96	2.05				
150	165.1	3.1	66.4	0-32	196	261	54	1°-07°	107	5/8 x 3-1/2	3.02
6-1/2" OD	6.500	450	14,925	0-0.13	7.72	10.28	2.13				
200A	216.3	3.1	114.0	0-32	254	348	62	0°-50°	80	3/4 x 4-3/4	5.90
--	8.516	450	25,698	0-0.13	10.00	13.70	2.44				
200	219.1	3.1	116.9	0-32	260	350	62	0°-50°	80	3/4 x 4-3/4	6.00
8"	8.625	450	26,278	0-0.13	10.24	13.78	2.44				
250A	263.4	2.4	134.6	0-32	337	420	64	1°-20°	64	7/8 x 6-1/2	11.8
--	10.528	350	30,253	0-0.13	13.27	16.54	2.52				
250	273.0	2.4	141.3	0-32	343	425	64	1°-20°	64	7/8 x 6-1/2	12.0
10"	10.750	350	31,750	0-0.13	13.50	16.73	2.52				
300A	318.5	2.4	192.2	0-32	389	478	64	1°-08°	54	7/8 x 6-1/2	14.5
--	12.539	350	43,198	0-0.13	15.31	18.81	2.52				
300	323.9	2.4	198.8	0-32	395	467	64	1°-08°	54	7/8 x 6-1/2	15.0
12"	12.750	350	44,664	0-0.13	15.55	18.39	2.52				

(1) La presión de trabajo y las cargas en los extremos de la tabla son las máximas permitidas cuando se utiliza tubería de acero estándar con las puntas ranuradas por laminación o fresado. La presión de prueba en otros será de 1/2 veces la presión de trabajo. Para conocer las presiones de trabajo para otros tipos de tuberías se ruega contactar con su distribuidor de productos King.

La flexión y la máxima separación entre extremos de tuberías de la tabla son para tuberías ranuradas por laminación. Para tuberías ranuradas por fresado los valores de la tabla se han de multiplicar por dos.

## ANEXO K

### MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

#### **Procedimiento de encendido de la bomba eléctrica contra incendio.**

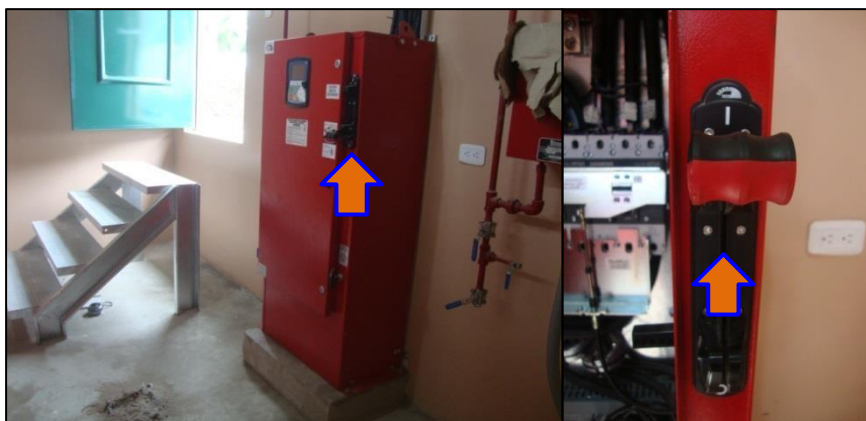
Las siguientes revisiones deben ser realizadas antes del arranque:

- Verificación de líneas.
- Verificación de instalaciones.
- Revisión de conexiones del motor.
- Asegurar que el motor ha sido lubricado apropiadamente de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Verificar la rotación del motor. Recordar que la bomba debe estar desconectada del motor antes de la verificación. El motor debe rotar en dirección contraria al reloj cuando mirando abajo hacia la parte superior del motor.
- Asegurar que todas las conexiones de tubería estén apretadas.
- Encendido de bomba jockey.
- Ingreso de parámetros en tablero de control.
- Arranque de bomba principal y pruebas de funcionamiento.

#### **Encendido del controlador de la bomba eléctrica contra incendios.**

**Para colocar en servicio:**

- Colocar la manija “Medio de desconexión” en la posición de encendido.
- El controlador ahora está listo para una operación manual o automática.




### Para colocar fuera de servicio:

- Colocar la manija “Medio de desconexión” en la posición de apagado.





### Operación automática:

- Arranca automáticamente debido a una caída de presión.
- Para presionar el botón de parada , cuando todas las causas que ocasionaron el arranque hayan sido eliminadas o espere a que expire el periodo de marcha de temporizador si está habilitado.





### Operación no automática:

- Para realizar arrancar presione el botón de arranque. 
- Para parar presione el botón de parada. 



### Operación de emergencia:

- Para arrancar: Tire y bloquee la manija de emergencia en la posición de encendido.
- Para parar: Ponga la manija “Medio de desconexión”, en la posición de apagado, desbloquee y suelte la manija de emergencia.
- Ponga el controlador de nuevo en encendido.



- **Controlador de la bomba jockey.**

**Para encendido y apagado:**

- Para encendido, girar a la derecha en opción ON, posición vertical.
- Para apagado girar a la izquierda en opción OFF, posición horizontal.



**Operación automática, manual y apagado:**

- Para operar automáticamente girar a la opción AUTO (Derecha).
- Para operar manualmente girar a la opción HAND (Izquierda).
- Para apagado girar a la opción OFF (Vertical).

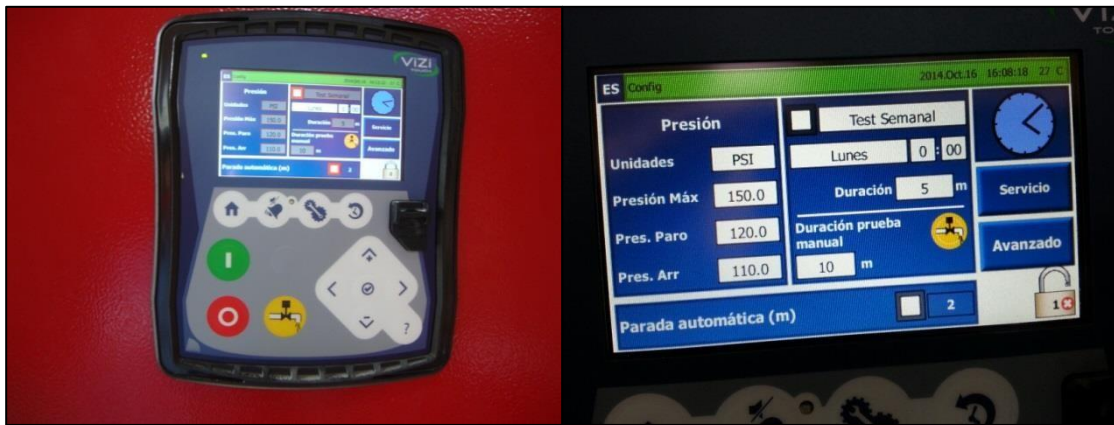


- **Pantallas**

- Se procede a ingresar los parámetros de voltaje en tablero de control de 230V a 208V.
- Cambiar los parámetros de corriente en tablero de control de 117A a 126A.
- Calibrar en modo automático.
- Calibración de bomba jockey de 115 a 125 Psi.
- Calibración de bomba principal con tiempo de apagado 2 min, presión máxima 150 Psi y presión mínima 110 Psi.

En la pantalla VIZI Touch se visualiza los siguientes parámetros de presión:

- Unidades: PSI
- Presión Máx.: 150.0
- Presión Paro: 120.0
- Presión Arranque: 110.0



Los manómetros de presión deben tener una precisión de no mayor que el 1% de la escala completa. El manómetro es de dial 3" / Mando 1/4" / 0 -300 psi.



## Procedimiento de pruebas de retorno para verificar funcionamiento de bomba.

Procedimiento de pruebas de retorno para verificar funcionamiento de la bomba de acuerdo a norma NFPA 20.

Una bomba contra incendio y sus accesorios provee flujo de agua (caudal) y presión para la protección de incendio de sistema. Los accesorios incluyen: la tubería de succión de suministro de agua y la tubería de descarga, válvulas, controles y equipos auxiliares anexos a ellos. El propósito de la prueba de las bombas es asegurar operación manual y automática, con demanda y entrega continua de acuerdo con los requerimientos del

1. Cerrar la válvula de mariposa.FL. Clase 300.ANSI B 18.2.1.AISI 316 / FM / UL,  $\text{Ø} = 6"$ , (*Código 6*), para empezar a realizar las pruebas de retorno para verificar el funcionamiento de la bomba.



2. Realizar la apertura de la válvula de compuerta BW/FL, clase 300.API 602.A216-WCB / FM / UL,  $\text{Ø} = 6"$ , (*Código 1*), que es la válvula de succión ubicada antes de la bomba que comunica totalmente al sistema de conducción de agua. Esta válvula siempre debe permanecer abierta, con el objetivo de presurizar la tubería s/c BW Sch.Std ANSI B 36.10 A53-GRB/A106-GRB  $\text{Ø} = 6"$ ,



3. Una válvula de alivio. SE. Clase 150. ANSI B 18.2.1. AISI 316  $\text{Ø} = 3/4"$ , (*Código 2*), es aquella que abre durante una condición de flujo para descargar agua que no es medida por los dispositivos de registro. En la prueba de la bomba, la válvula de alivio debe reajustar las presiones de alivio en exceso de la presión de operación normal de los componentes del sistema.

Si la válvula de alivio está abierta durante las condiciones de flujo debido al hecho que la presión es elevada para los componentes en el sistema de protección de incendio, la válvula de control de descarga debe estar cerrada, previo a cerrar la válvula de presión de alivio para asegurar que el sistema de protección de incendio no está sobre presurizado. Después de la prueba, asegúrese de que la válvula este abierta otra vez.





4. Posteriormente se presuriza la tubería de retorno s/c BW Sch.Std ANSI B 36.10 A53-GRB/A106-GRB  $\varnothing = 4"$ , pasa por la válvula de retención.BW/FL. Clase 300.API 602.A216-WCB / FM / UL,  $\varnothing = 4"$ , (*Código 3*).



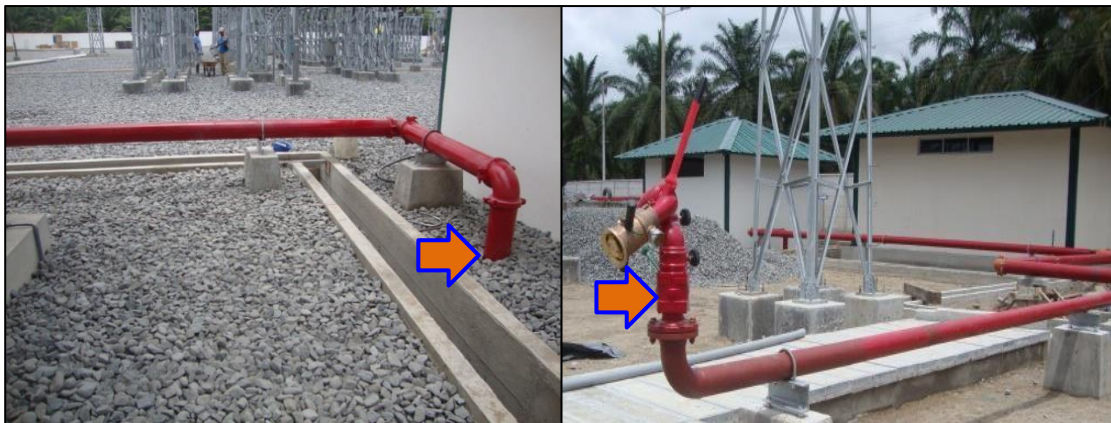
5. Retorna el agua por la tubería s/c BW Sch.Std ANSI B 36.10 A53-GRB/A106-GRB  $\varnothing = 4"$ . Realizar la apertura de la válvula de compuerta BW/FL, clase 300.API 602.A216-WCB / FM / UL,  $\varnothing = 4"$ , (*Código 4*), para que regrese a la cisterna.



## Procedimiento de operación de los monitores de espuma

1. Realizar la apertura de la válvula de mariposa.FL. Clase 300.ANSI B 18.2.1.AISI 316 / FM / UL,  $\text{Ø} = 6''$ , posteriormente la tubería s/c BW Sch.Std ANSI B 36.10 A53-GRB/A106-GRB  $\text{Ø} = 6''$  y la tubería s/c BW Sch.Std ANSI B 36.10 A53- GRB/A106-GRB  $\text{Ø} = 4''$ , que conecta al monitor de espuma N° 1 y monitor de espuma N° 2 Omega XPV style 3523, se presurizará.

- **Monitor de espuma N° 1 – Omega XPV style 3523**



- **Monitor de espuma N° 2 – Omega XPV style 3523**





El chiflón es autoeductivos Hydro Foam contra incendio diseñado para usarse en monitores estándar con la capacidad de succión de espuma contra incendio a proporciones preestablecidas. Construidos enteramente de bronce, con tornillería y postas de acero inoxidable para mayor durabilidad.

Equipados con puños forrados para controlar la apertura y cierre del patrón de chorro sólido con mayor facilidad y seguridad. Cuentan con una entrada de espuma lateral conectada a una manguera con tubo de succión para recolectar el concentrado de espuma de su contenedor y aplicarlo directamente en el área de riesgo. El diámetro de paso del chiflón le permite un rango de flujo de 500 GPM y alcances de hasta 40 m.

A continuación se detalla características de “Formadora de película acuosa de espuma (AFFF) que es un concentrado líquido para uso en incendios de hidrocarburos en el 3%





## **Instrucciones:**

- Utilice sólo como una espuma de extinción de incendios. No es para cualquier otro propósito.
- Para usar, diluir o proporción con agua a 3 % (3 partes de espuma / 97 partes de agua).
- No mezclar con ningún otro tipo o marca de líquido de espuma o de otra manera contaminar.
- Almacene en margen de temperatura mínima de 35°F (2°C) y máxima 120°F (49°C).
- Cuando no esté en uso, mantenga firmemente contenedor cerrada en todo momento y lejos del calor, las llamas o las temperaturas frías.

Posteriormente se realiza la operación de funcionamiento del monitor de espuma N° 1 y N° 2 – Omega XPV style 3523, que se encuentran a 18 m del eje del transformador de 13.8/69 KV:

- El timón y los mandos de freno superior e inferior se utilizan para controlar el monitor.
- Para cambiar la posición del monitor horizontal hacia la "DERECHA" o "IZQUIERDA", se procede a conseguir un agarre firme en el mango del timón y gire el mando de freno inferior izquierda hasta que la unidad se puede girar fácilmente. Gire la misma perilla hacia la derecha para bloquear la unidad en la posición horizontal deseada.
- Para cambiar la posición del monitor vertical hacia arriba o hacia abajo, conseguir un agarre firme, en el selector de la barra timón y gire la perilla del freno superior izquierda hasta que la unidad se puede fácilmente elevarse o bajarse. Gire la misma perilla hacia la derecha para bloquear la unidad en la posición de elevación deseada.
- El monitor de espuma incorpora un cierre de válvula esférica. Para abrir esta válvula se mueve la palanca para que esté paralela a la vía acuática. Para cerrar la válvula, mueva la palanca para que quede perpendicular a la vía acuática.
- Si el monitor de espuma está instalado en las zonas donde puede producirse la congelación, una válvula debe ser instalado por debajo de la línea de congelación que permitirá el monitor a ser drenado completamente después del uso. Además, la válvula

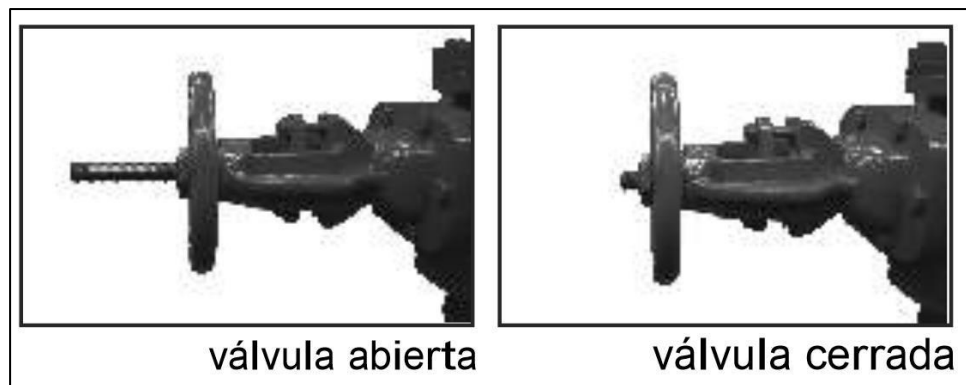
en el monitor debe ser abierta y cerrada varias veces para asegurarse de que se permite que el agua residual drene fuera del cuerpo de la válvula.



## Procedimiento de operación del gabinete contra incendios

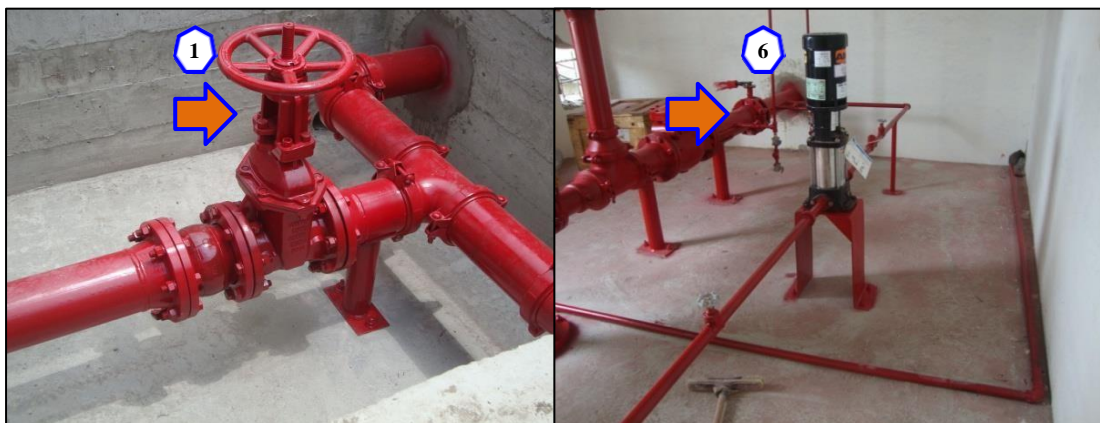
El objeto de este equipo es el de tomar agua depositada en el tanque de almacenamiento, hacerla pasar por la bomba del sistema contra incendios a través de toda la red, para que finalmente llegue con la presión y en la cantidad requerida, cuando se presente un evento de fuego en alguna de las zonas de la subestación. El proceso que se lleva a cabo para cumplir ejecutar esta labor, se describe a continuación:

1. Cerciorarse de que las válvulas del sistema contra incendios estén abiertas para permitir la operación.



A continuación mediante fotografías se muestra la ubicación de cada una de las válvulas

- Válvula de mariposa.FL. Clase 300.ANSI B 18.2.1.AISI 316 / FM / UL,  $\text{Ø} = 6''$ .  
(Código 1)
- Válvula de compuerta.BW/FL. Clase 300.API 602.A216-WCB / FM / UL,  $\text{Ø} = 6''$ .  
(Código 6)



- Válvula de compuerta.BW/FL. Clase 300.API 602.A216-WCB / FM / UL, Ø = 4".  
(Código 4)
- Válvula de compuerta.BW/FL. Clase 300.API 602.A216-WCB / FM / UL, Ø = 4".  
(Código 25)



2. Abrir el gabinete contra incendio.



3. Desenrollar la manguera flexible de 15 m.
4. Abrir la válvula o registro ubicada en el interior del gabinete.



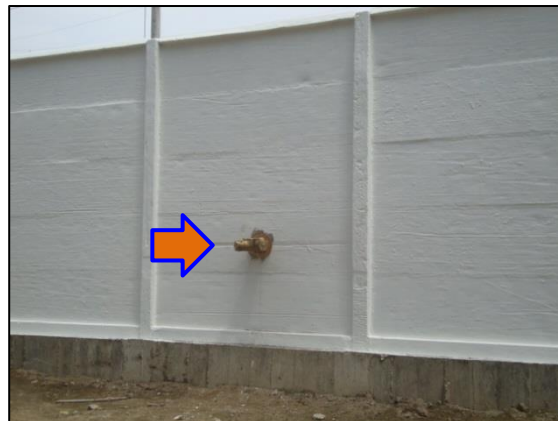
5. Dirigir el chorro de agua hacia la base del fuego



## Procedimiento para el Servicio de Cuerpo de Bomberos

La finalidad principal de todo Servicio de Bomberos es la de salvar la vida de las personas en peligro. Secundariamente, su trabajo se dirige a la neutralización y a la prevención de todo siniestro o situación de riesgo, utilizando los medios y recursos disponibles con la mayor eficacia posible. Para conseguir estos objetivos, su actuación debe seguir una sistemática general basada en las fases sucesivas y/o simultáneas que se exponen a continuación.

1. Se cuenta con una toma siamesa de  $\text{Ø} = 4 \times 2\text{-}1/2\text{'}$  para la conexión a la red de tuberías para el servicio de bomberos, el cual asiste al lugar del siniestro y procede a conectarse a la toma siamesa.



2. Realizar la apertura de la válvula de compuerta BW/FL, clase 300.API 602.A216-WCB / FM / UL,  $\text{Ø} = 4\text{'}$ , que se encuentra a lado de la bodega. (*Código 26*).





3. Se procede a apagar la bomba eléctrica contra incendio (izquierda) y bomba jockey (derecha).



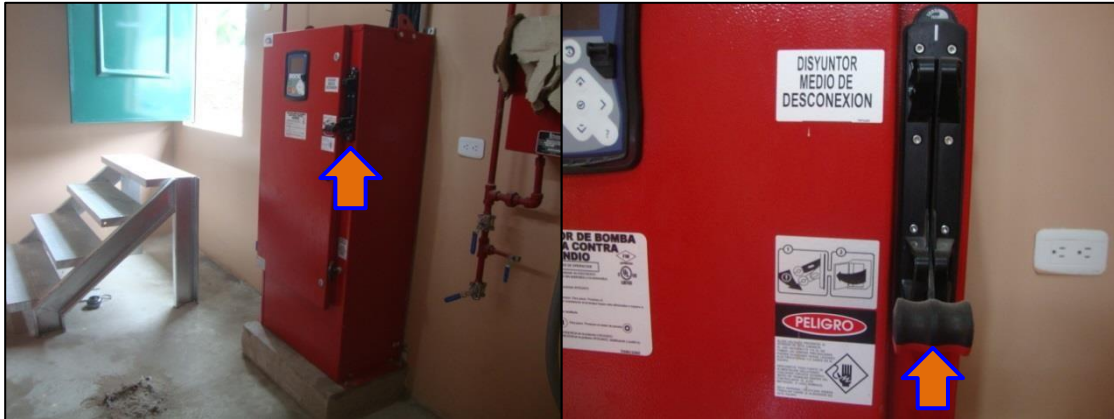
**Para apagado de la bomba jockey:**

- Para apagado girar a la izquierda en opción OFF, posición horizontal.

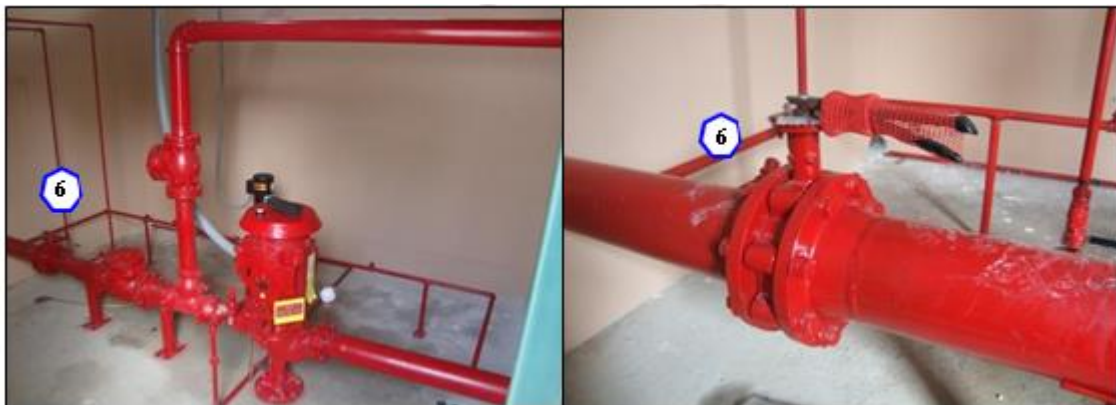


**Para apagar la bomba eléctrica contra incendio:**

- Colocar la manija “Medio de desconexión” en la posición de apagado, como se muestra en la fotografía.



4. Se procede al cierre de la válvula mariposa clase 300, ANSI B 18.2.1. AISI 316 / FM / UL, Ø = 6", (**Código 6**), ubicada a la salida de la bomba eléctrica contra incendio.



5. Activación de monitores de espuma con chiflón Hydrofoam, los cuales están ubicados a 18 metros del eje del transformador de 13.8/69 KV.

- Modelo: FAM-0M5
- Capacidad: 500 GPM
- Presión de Operación: 100 PSI
- Prueba Hidrostática: 300 PSI
- Alcance: 40 m (Chorro Sólido)
- Entrada: 2 ½" NHST (H) Giratoria
- Entrada Espuma: 1" NPT (M) Fija



- Proporcionamiento: 1% 3% y 6% (Restrictores).



A continuación se detalla características de “Formadora de película acuosa de espuma (AFFF) que es un concentrado líquido para uso en incendios de hidrocarburos en el 3%



#### **Precauciones:**

- No lo ingiera.
- Proteger la piel y los ojos antes de usar.
- Este producto no ha sido probado en su conjunto para la aguda oral y toxicidad por inhalación o primario de la piel e irritación ocular.
- Este producto contiene químicos que aparecen en la lista de sustancias peligrosas de Pennsylvania.

**Instrucciones:**

- Utilice sólo como una espuma de extinción de incendios. No es para cualquier otro propósito.
- Para usar, diluir o proporción con agua a 3 % (3 partes de espuma / 97 partes de agua).
- No mezclar con ningún otro tipo o marca de líquido de espuma o de otra manera contaminar.
- Almacene en margen de temperatura mínima de 35°F (2°C) y máxima 120°F (49°C).
- Cuando no esté en uso, mantenga firmemente contenedor cerrada en todo momento y lejos del calor, las llamas o las temperaturas frías.

## ANEXO L

### RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO

1. Para mantenimiento de sistema de columna y mangueras.

#### Cuadro N° 1

Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de columnas y mangueras.

<b>Tabla 6.1.1.2 Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de columna y mangueras</b>		
Ítem	Frecuencia	Referencia
<b>Inspección</b>		
Válvulas de control		Tabla 13.1
Dispositivos de control de presión		Tabla 13.1
Tuberías	Anual	62.1
Conexiones de mangueras		Tabla 13.1
Gabinetes	Anual	NFPA 1962
Manómetros	Semanal	6.2.2
Mangueras	Anual	NFPA 1962
Dispositivo de almacenamiento de mangueras	Anual	NFPA 1962
Boquillas de mangueras	Anualmente y después de cada uso	NFPA 1962
Aviso de información de diseño hidráulico	Anual	6.2.3
<b>Prueba</b>		
Dispositivos de flujo de agua		Tabla 13.1
Dispositivos de supervisión de válvulas		Tabla 13.1
Dispositivos de señal de supervisión(excepto interruptores de supervisión de válvulas)		Tabla 13.1
Dispositivo de almacenamiento de mangueras	Anual	NFPA 1962
Mangueras	5 años/ 3 años	NFPA 1962
Válvula de control de presión		Tabla 13.1
Válvula reductora de presión		Tabla 13.1
Prueba hidrostática	5 años	6.3.2
Prueba de flujo	5 años	6.3.1
Prueba de drenaje principal		Tabla 13.1
<b>Mantenimiento</b>		
Conexiones de mangueras	Anual	Tabla 6.1.2
Válvulas (todos los tipos)	Anual/cuando se requiera	Tabla 13.1

**Fuente:** NFPA 25 – 2011.

**Elaborado por:** Javier Díaz.

2. Para mantenimiento de tuberías:

**Cuadro N° 2**

Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de tuberías principales de servicio privado de incendios.

Tabla 6.1.1.2 Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de columna y mangueras		
Ítem	Frecuencia	Referencia
<b>Inspección</b>		
Casetas de mangueras	Trimestral	7.2.2.7
Hidratantes (cilindro seco y de pared)	Anual y después de cada operación	7.2.2.4
Boquillas monitoras	Semestral	7.2.2.6
Hidratantes (cilindro húmedo)	Anual y después de cada operación	7.2.2.5
Filtros en tuberías en tubería principal	Anual y después de cada gasto de flujo considerable	7.2.2.3
Tuberías (expuestas)	Anual	7.2.2.1
Tuberías (enterradas)	Ver 7.2.2.2	7.2.2.2
<b>Prueba</b>		
Boquillas monitoras	Fluir, anualmente (alcance y operación)	7.3.3
Hidratantes	Fluir, anualmente	7.3.2
Tuberías (expuestas y enterradas) (prueba de flujo)	5 años	7.3.1
Válvula de control de presión		Tabla 13.1
Válvula reductora de presión		Tabla 13.1
Prueba hidrostática	5 años	6.3.2
Prueba de flujo	5 años	6.3.1
Prueba de drenaje principal		Tabla 13.1
<b>Mantenimiento</b>		
Filtros en tuberías en tubería principal	Anual y después de cada operación	7.2.2.3
Casetas de mangueras	Anual	7.2.2.7
Hidratantes	Anual	7.4.2
Boquillas monitoras	Anual	7.4.3

**Fuente:** NFPA 25 – 2011.

**Elaborado por:** Javier Díaz.

### 3. Para mantenimiento de bombas.

**Cuadro N° 3**  
Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de bombas de incendio

<b>Tabla 8.1.2 Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de bombas de incendio</b>						
Completar según el caso	Inspección visual	Revisión	Cambio	Limpieza	Prueba	Frecuencia
<b>Equipo de Bombas</b>						
Lubricar los cojinetes			X			Annual
Revisar el juego de la extremidad del eje		X				Annual
Verificar exactitud de indicadores de presión (manómetros) y detectores		X	X			Annual (cambio o recalibrar cuando estén 5% descalibrados)
Revisar alineación de acoples		X				Annual
Filtros alineación de acoples		X		X		Después de cada operación de la bomba
<b>Transmisión mecánica</b>						
Lubricar acoples			X			Annual
Lubricar engranajes en ángulo recto			X			Annual
<b>Sistema eléctrico</b>						
Ejercitar el interruptor y cortacircuitos					X	Mensual
Disparar el cortacircuitos (si existe el mecanismo)					X	Annual
Accionar los medios manuales de arranque					X	Semestral
Inspeccionar y accionar los medios manuales de arranque de emergencia (sin energía)	X				X	Annual
Ajustar las conexiones eléctricas si es necesario		X				Annual
Lubricar las piezas móviles (excepto los arranques y relevos)		X				Annual
Calibrar la graduación del interruptor automático de presión		X				Annual
Engrasar los cojinetes del motor			X			Annual
Exactitud voltímetro y amperímetro (5%)		X				Annual
Cualquier corrosión en tableros de circuitos impresos (PCB)	X					Annual
Cualquier aislamiento de cable/alambre agrietado	X					Annual
Cualquier filtración en partes de plomería	X					Annual
Cualquier señal de agua en partes eléctricas	X					Annual
<b>Equipo de motor diésel</b>						
<i>Combustible</i>						
Nivel del tanque	X	X				Semanal
Interruptor de flotador del tanque	X				X	Semanal
Operación de la válvula solenoide	X				X	Semanal
Tamiz, filtro, o canal de sedimentos, o combinación de estos				X		Trimestral
Agua y materias extrañas en el tanque				X		Annual
Agua en el equipo		X		X		Semanal
Orificios en el tanque y tubería de desbordamiento		X			X	Annual
Tuberías	X					Annual

**Fuente:** NFPA 25 – 2011.

**Elaborado por:** Javier Díaz.

4. Para mantenimiento de tanques de suministro de agua.

**Cuadro N° 4**

Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de tanques de almacenamiento de agua.

<b>Tabla 9.1.1.2 Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de tanques de almacenamiento de agua.</b>		
Ítem	Frecuencia	Referencia
<b>Inspección</b>		
Temperatura del agua – alarmas de baja temperatura conectadas a ubicación atendida permanentemente	Mensual	9.2.4.2
Temperatura del agua – alarmas de baja temperatura no conectadas a ubicación atendida permanentemente	Semanal	9.2.4.3
Sistema de calefacción – tanque con alarmas de baja temperatura supervisadas y conectadas a ubicación atendida permanentemente	Semanal*	9.2.3.1
Sistema de calefacción – tanque sin alarmas de baja temperatura supervisadas y conectadas a ubicación atendida permanentemente	Diaria*	9.2.3.2
Válvulas de control		Tabla 13.1
Nivel de agua – tanques equipados con alarmas de nivel de agua conectadas a ubicación atendida permanentemente	Trimestral	9.2.2.1
Nivel de agua – tanques no equipados con alarmas de nivel de agua conectadas a ubicación atendida permanentemente	Mensual	9.2.1.2
Presión de aire – tanques con su fuente de presión de aire supervisada	Trimestral	9.2.2.1
Presión de aire – tanques sin su fuente de presión de aire supervisada	Mensual	9.2.2.2
Tanque exterior	Trimestral	9.2.5.1
Estructura portante	Trimestral	9.2.5.1
Pasarelas y escaleras	Trimestral	9.2.5.1
Área elevada	Trimestral	9.2.5.2
Tolvas y rejas	Anual	9.2.5.4
Pinturas / Recubrimientos	Anual	9.2.5.5
Juntas de expansión	Anual	9.2.5.3
Interior – tanques sin protección anticorrosiva	3 años	9.2.6.1.1
Interior – todos los otros tanques	5 años	9.2.6.1.2
Alarmas de temperatura – conectadas a ubicación atendida permanentemente	Mensual*	9.2.4.2
Alarmas de temperatura – no conectadas a ubicación atendida permanentemente	Semanal*	9.2.4.3
Válvulas de retención		Tabla 3.1
<b>Pruebas</b>		
Sistema de calefacción del tanque	Antes de estación fría	9.3.2
Alarmas de baja temperatura del agua	Mensual*	9.3.3
Interruptores de límite de alta temperatura	Mensual*	9.3.4
Alarmas de nivel de agua	Semestral	9.3.5
Indicadores de nivel	5 años	9.3.1
Manómetros	5 años	9.3.6
<b>Mantenimiento</b>		
Nivel de agua	-----	9.4.2
Válvulas de control	-----	Tabla 13.1
Depósito revestido con tela de soporte	-----	9.4.6
Válvulas de retención	-----	13.4.2.2

\*Tiempo frío/solo estación de calefacción

**Fuente:** NFPA 25 – 2011.

**Elaborado por:** Javier Díaz.

5. Para mantenimiento de válvulas.

## Cuadro N° 5

Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de válvulas y guarniciones.

<b>Tabla 13.1.1.2 Resumen de inspección, prueba y mantenimiento de tanques de almacenamiento de agua.</b>		
Ítem	Actividad	Frecuencia
<b>Inspección</b>		
<i>Válvulas de control</i>		
Selladas	Semanal	13.3.2.1
Cerradas	Mensual	13.3.2.1.1
Interruptores de manipulación	Mensual	13.3.2.1.1
<i>Válvulas de alarma</i>		
Exterior	Mensual	13.4.1.1
Inferior	5 años	13.4.1.2
Interruptores de manipulación	5 años	13.4.1.2
<i>Válvulas de retención</i>		
Interiores	5 años	13.4.2.1
<i>Válvulas de preacción/inundación</i>		
Encierro (en clima frío)	Diaria/semanal	13.4.3.1
Exterior	Mensual	13.4.3.1.6
Inferior	Anual/5 años	13.4.3.1.7
Filtros, tamices, orificios	5 años	13.4.3.1.8
<i>Válvulas de tubería seca/ dispositivos de abertura rápida</i>		
Manómetros	Semanal/mensual	13.4.4.1.2.4, 13.4.4.1.2.5
Encierro (en clima frío)	Diaria/semanal	13.4.4.1.1
Exterior	Mensual	13.4.4.1.4
Inferior	Semanal	13.4.4.1.5
Filtros, tamices, orificios	5 años	13.4.4.1.6
<i>Válvulas reductoras de presión y de seguridad</i>		
Sistemas de rociadores	Trimestral	13.5.1.1
Conexiones de mangueras	Anual	13.5.2.1
Soportes de mangueras	Anual	13.5.3.1
Bombas de incendio	Mensual*	9.3.4
<i>Conjuntos de prevención de refluo</i>		
Presión reducida	Semanal/mensual	13.6.1
Detectores de presión reducida	Semanal/mensual	13.6.1
Conexiones de bomberos	Trimestral	13.7.1
<b>Prueba</b>		
<i>Drenajes principales</i>	Anual/trimestral	13.2.5, 13.2.51
<i>Alarmas de flujo de agua</i>	Trimestral/semestral	13.3.3.4 1.3.2.6
<i>Válvulas de control</i>		
Posición	Anual	13.3.3.1
Operación	Anual	13.3.3.1
Supervisión	Semestral	13.3.3.5

**Fuente:** NFPA 25 – 2011.

**Elaborado por:** Javier Díaz.

## 6. Posibles causas de problemas en bombas

**Cuadro N° 6**  
Problemas de la bomba de incendio.

Problemas de la bomba de incendio:	Succión				Bomba																Motor y/o bomba					Motor									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32			
Filtración excesiva en la caja de empaquetadura					x														x				x												
Bomba o impulsor se recalientan				x	x	x		x							x			x	x	x	x														
La unidad de la bomba no arranca				x	x										x	x	x				x						x	x					x		
No hay descarga de agua	x	x	x					x																											
La bomba es ruidosa o vibra				x	x			x		x											x														
Se requiere demasiada fuerza				x	x			x	x				x								x	x													
Presión de descarga no constante para el mismo gpm	x				x	x	x														x	x													
La bomba pierde succión después de arrancar	x	x	x																																
Insuficiente descarga de agua	x	x	x																																
Presión de descarga muy baja para la descarga de gpm	x	x	x																																

Fuente: NFPA 25 – 2011.

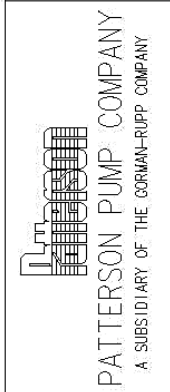
Elaborado por: Javier Díaz.



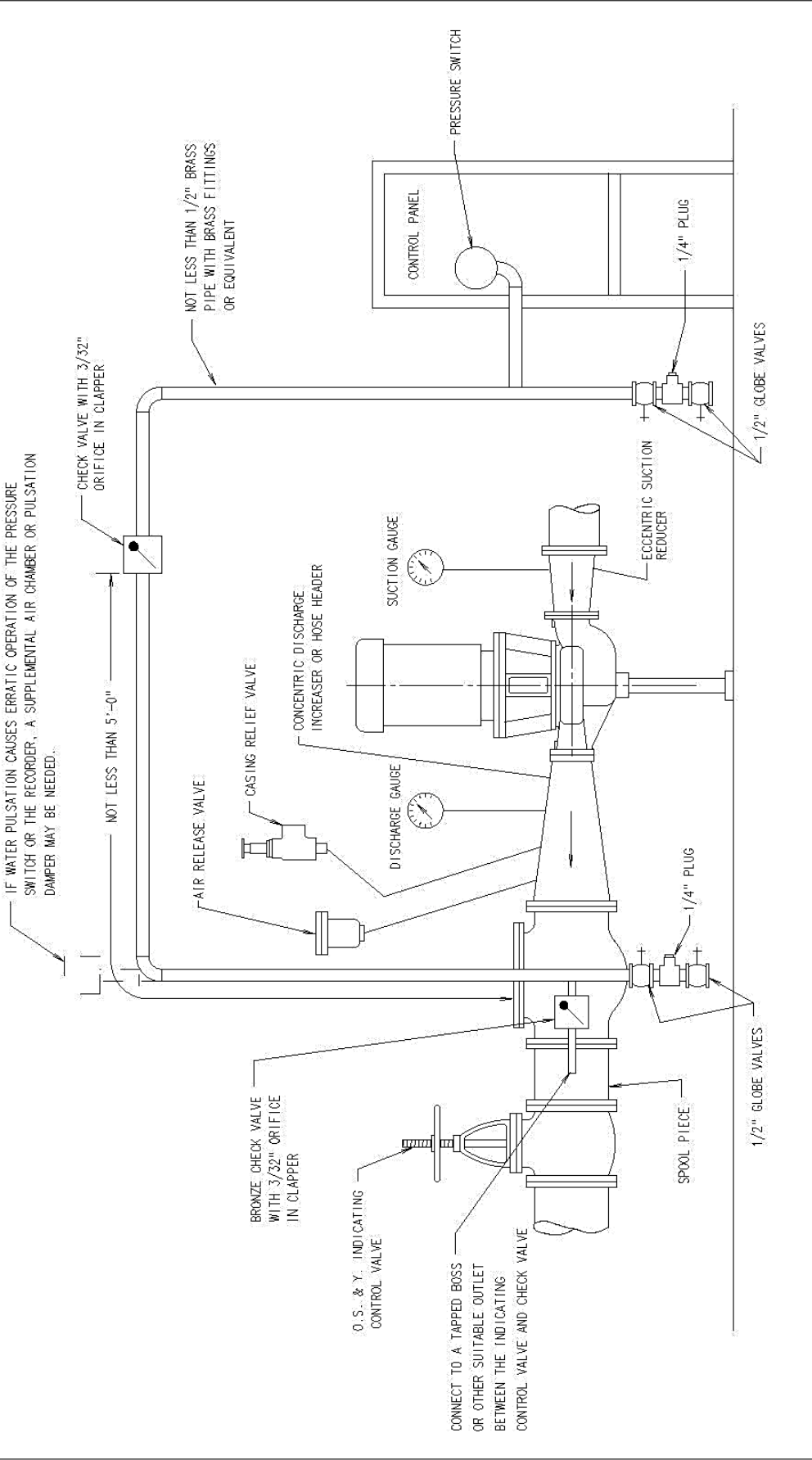


DWG. NO.	AC-11948
DRAWN	CHILDS
DATE	9-3-93
SCALE	NONE
APPROV.	A.P.

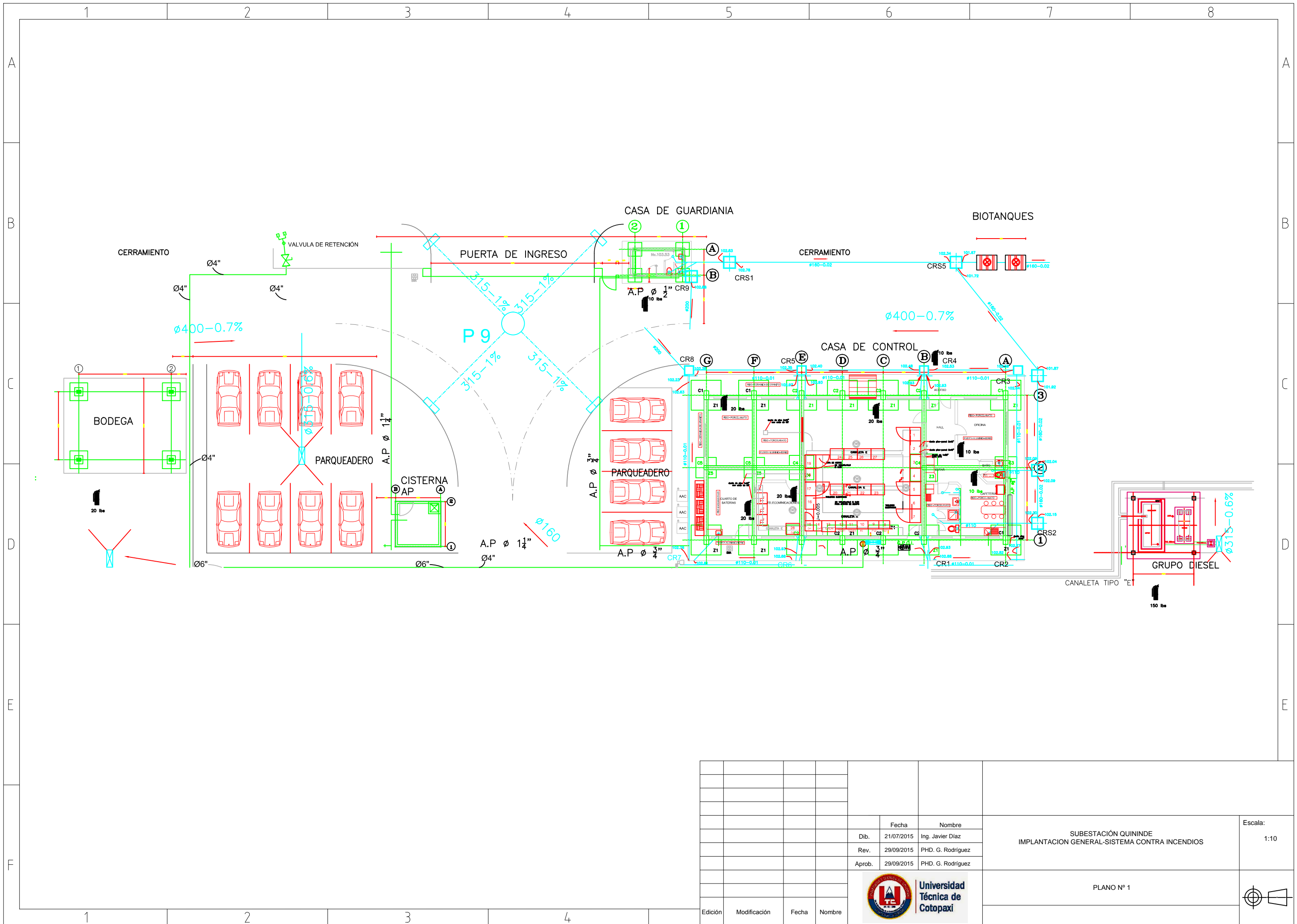
PIPING CONNECTION for  
AUTOMATIC PRESSURE SWITCH  
VERTICAL INLINE PUMP


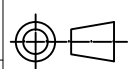


NOTE: DIAGRAM IS IN CONFORMITY WITH  
N.P.H.A. PAMPHLET 20



# PLANOS



Edición	Modificación	Fecha	Nombre	SUBESTACIÓN QUININDE IMPLANTACION GENERAL-SISTEMA CONTRA INCENDIOS		Escala: 1:10
		Dib.	21/07/2015	Ing. Javier Diaz		
		Rev.	29/09/2015	PHD. G. Rodriguez		
		Aprob.	29/09/2015	PHD. G. Rodriguez		
				 <b>Universidad Técnica de Cotopaxi</b>		PLANO N° 1 

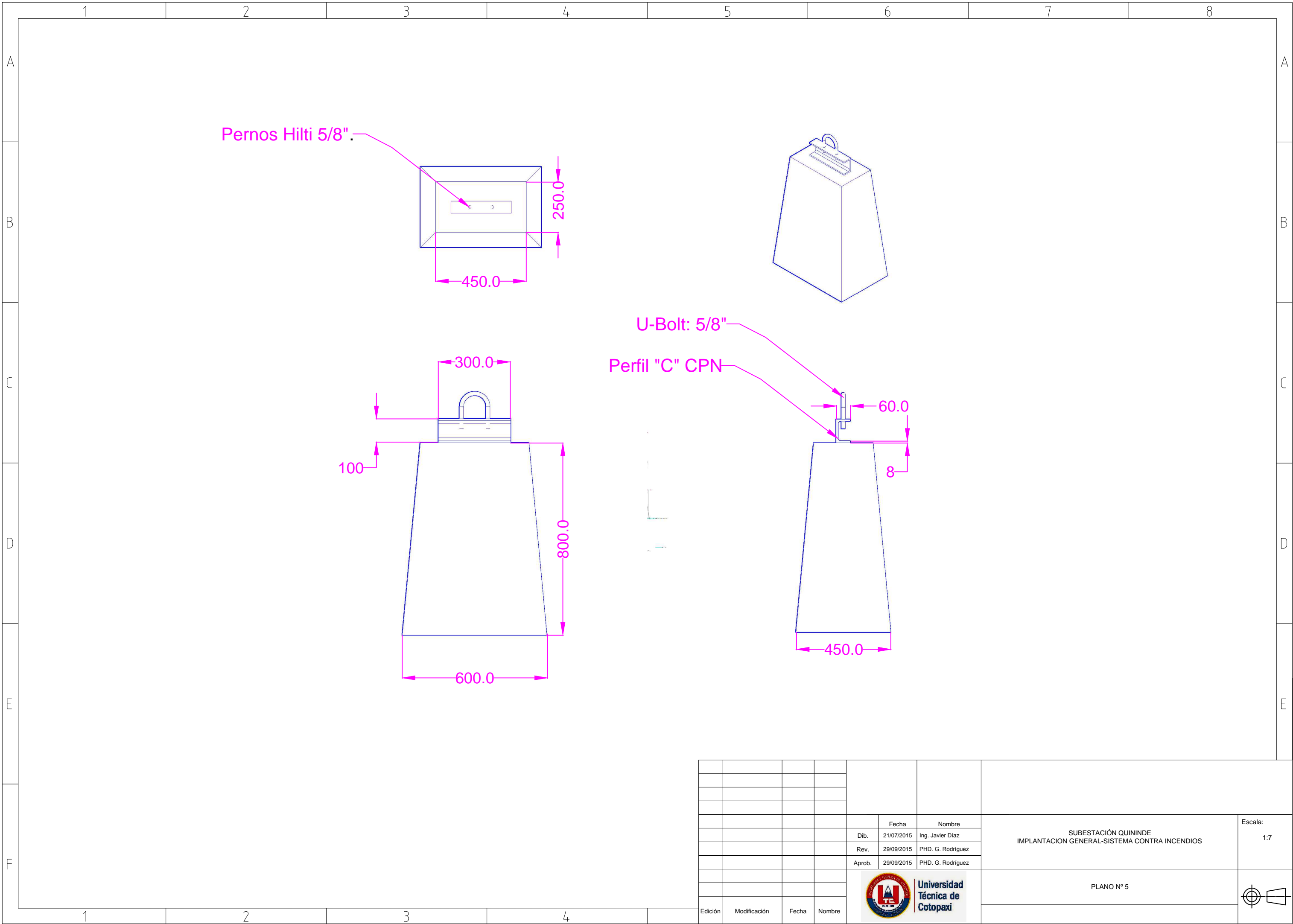









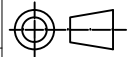




Pernos Hilti 5/8"

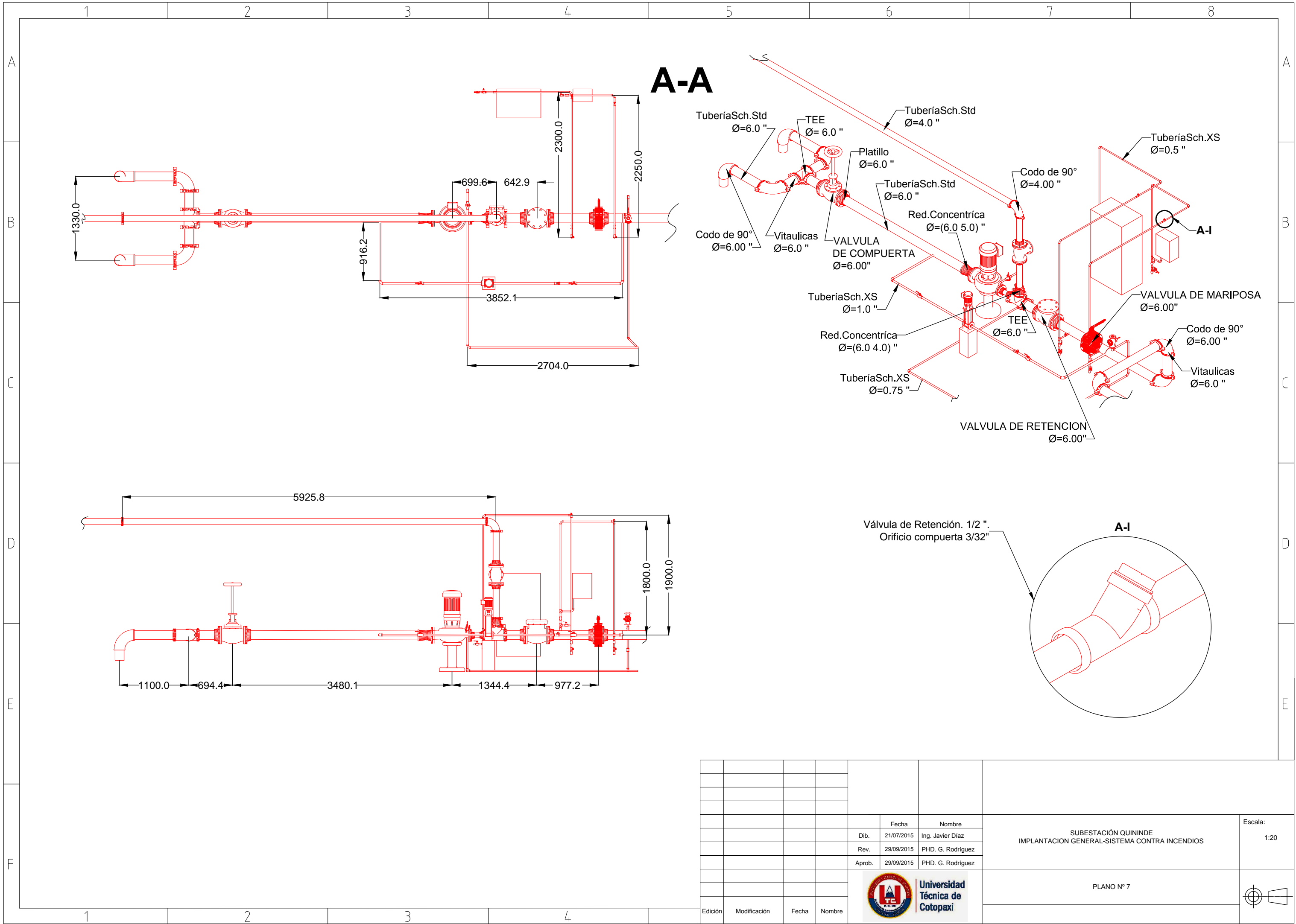
U-Bolt: 5/8"

Perfil "C" CPN

Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Fecha	Nombre	SUBESTACIÓN QUININDE IMPLANTACION GENERAL-SISTEMA CONTRA INCENDIOS	Escala: 1:7	
				Dib.	21/07/2015			Ing. Javier Diaz
				Rev.	29/09/2015			PHD. G. Rodríguez
				Aprob.	29/09/2015			PHD. G. Rodríguez
				 <b>Universidad Técnica de Cotopaxi</b>		PLANO N° 5		


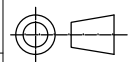






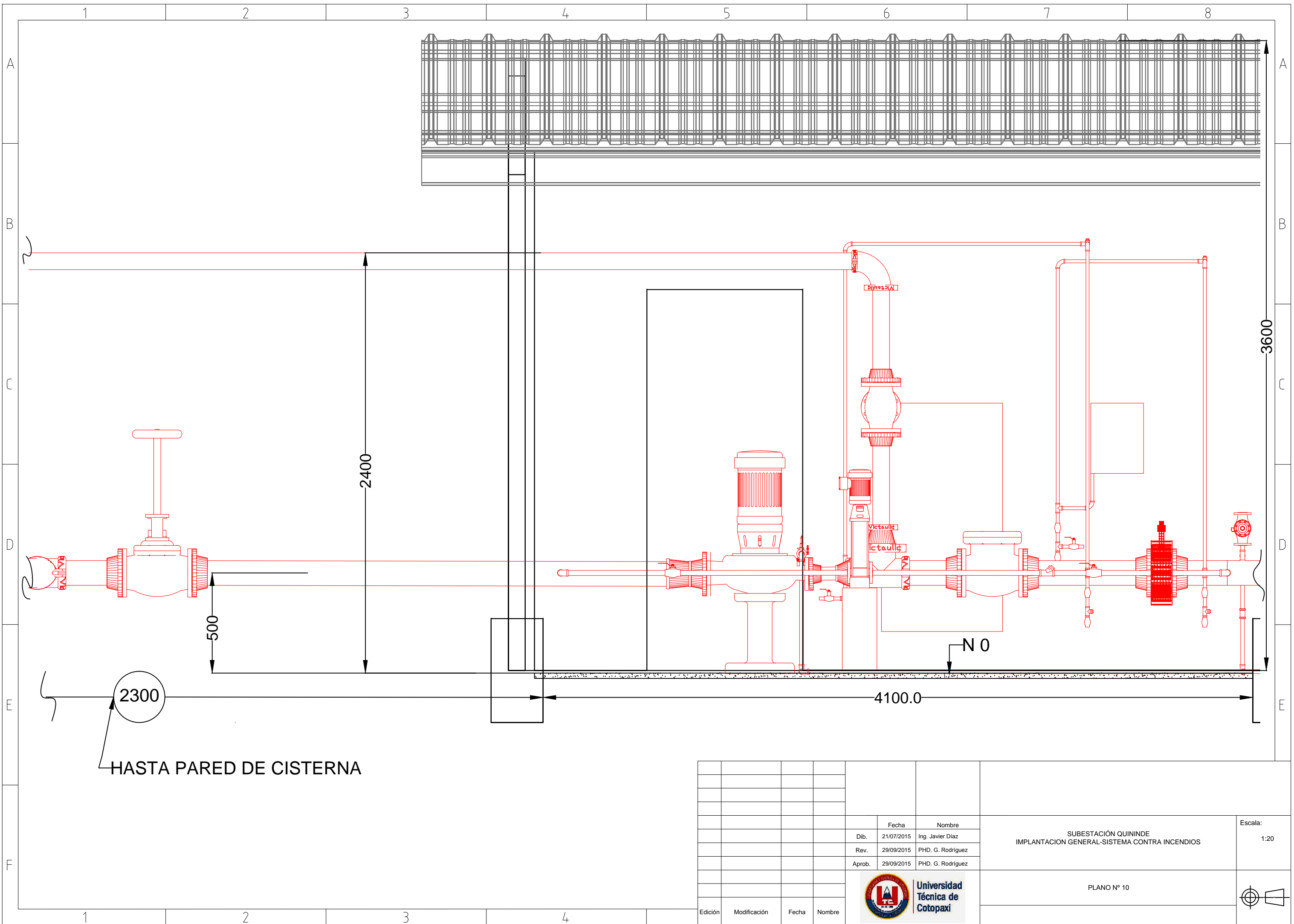
**A-A**

**A-I**


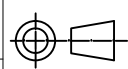
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	SUBESTACIÓN QUININDE IMPLANTACION GENERAL-SISTEMA CONTRA INCENDIOS		Escala: 1:20
				Fecha	Nombre	
				Dib. 21/07/2015	Ing. Javier Díaz	
				Rev. 29/09/2015	PHD. G. Rodríguez	
				Aprob. 29/09/2015	PHD. G. Rodríguez	
				 <b>Universidad Técnica de Cotopaxi</b>		PLANO N° 7 





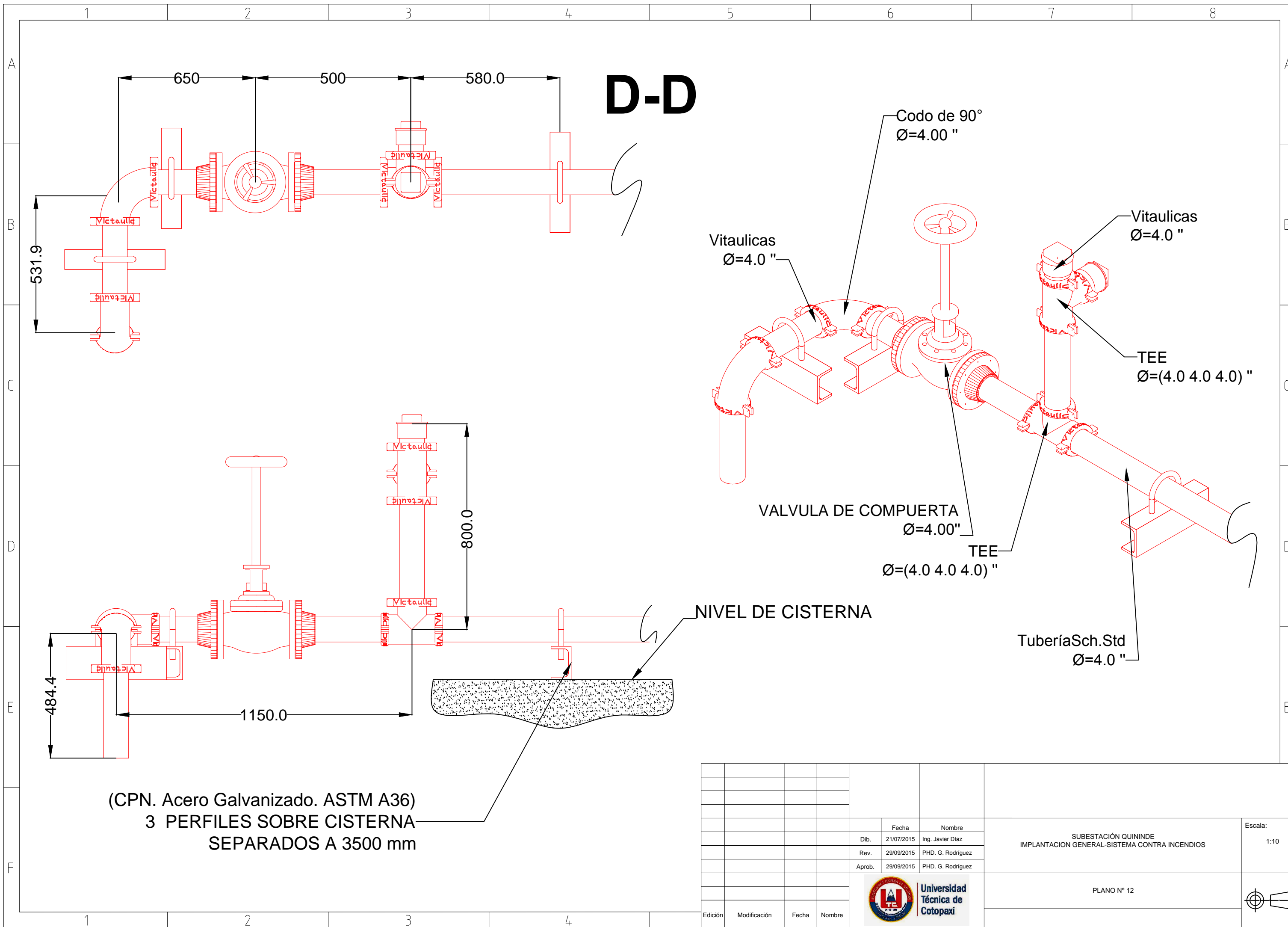


2300  
HASTA PARED DE CISTERNA

Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Fecha		Nombre		SUBESTACIÓN QUININDE IMPLANTACION GENERAL-SISTEMA CONTRA INCENDIOS	Escala: 1:20
				Dib.	21/07/2015	Ing. Javier Diaz			
				Rev.	29/09/2015	PHD. G. Rodríguez			
				Aprob.	29/09/2015	PHD. G. Rodríguez			
				 <b>Universidad Técnica de Cotopaxi</b>		PLANO N° 10			







**D-D**

Codo de 90°  
Ø=4.00 "

Vitaulicas  
Ø=4.0 "

Vitaulicas  
Ø=4.0 "

TEE  
Ø=(4.0 4.0 4.0) "

VALVULA DE COMPUERTA  
Ø=4.00"

TEE  
Ø=(4.0 4.0 4.0) "

Tubería Sch.Std  
Ø=4.0 "

NIVEL DE CISTERNA

(CPN. Acero Galvanizado. ASTM A36)  
3 PERFILES SOBRE CISTERNA  
SEPARADOS A 3500 mm

Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Fecha 21/07/2015 Nombre Ing. Javier Diaz Rev. 29/09/2015 PHD. G. Rodriguez Aprob. 29/09/2015 PHD. G. Rodriguez	SUBESTACIÓN QUININDE IMPLANTACION GENERAL-SISTEMA CONTRA INCENDIOS	Escala: 1:10
				Universidad Técnica de Cotopaxi	PLANO N° 12	