

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

UNIVERSIDAD DE HUELVA – ESPAÑA

**Propuesta de un Sistema de Detección y Protección de Incendios
para la Central Termoeléctrica Sacha**

Carla Fernanda Prócel Huachi

Giovanni Vintimilla, MSc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de

Master en Seguridad, Salud y Ambiente.

Mención en Seguridad en el Trabajo e Higiene Industrial

Quito, Diciembre de 2012

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO - ECUADOR

UNIVERSIDAD DE HUELVA - ESPAÑA

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN Y PROTECCIÓN DE
INCENDIOS PARA LA CENTRAL TERMoeLECTRICA SACHA**

Autor: Carla Fernanda Prócel Huachi

Giovanni Vintimilla, MSc.
Director de Tesis

Carlos Ruiz Frutos, Ph.D.
Director de la Maestría de Seguridad, Salud y
Ambiente de la Universidad de Huelva y Miembro del
Comité de Tesis

José Antonio Garrido Roldán, MSc.
Coordinador Académico de la Maestría en Seguridad,
Salud y Ambiente de la Universidad de Huelva y
Miembro del Comité de Tesis

Luis Vásquez Zamora, MSc-ESP-DPLO-FPh.D
Director de la Maestría en Seguridad, Salud y
Ambiente de la Universidad San Francisco de Quito y
Jurado de Tesis

Gonzalo Mantilla, MD-MEd-FAAP
Decano de Colegio de Ciencias de la Salud

Fernando Ortega Perez, MD, MA, PhD
Decano de la Escuela de Salud Pública

Víctor Viteri, Ph.D
Decano del Colegio de Postgrados

Quito, Diciembre de 2012

© Derechos de autor

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art.144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre : Carla Fernanda Prócel Huachi

C. I. : 1803862646

Fecha : diciembre de 2012

RESUMEN

La protección de recursos en toda industria a través de la prevención de riesgos laborales, debe ser integrada como principio fundamental dentro de la gestión de cada una de las organizaciones.

Toda medida de protección contra incendio tiene por objeto reducir el riesgo de incendio, fundamentalmente las medidas preventivas tienen como finalidad que al existir la probabilidad de suscitarse un incendio, este sea pequeño y si al producirse un incendio, éste no se extienda rápida y libremente, procurando que cause el menor daño posible a los recursos empresariales.

Esta propuesta de sistema de detección y protección contra incendios, trata de estudio investigativo descriptivo de corte transversal basado en revisión documental y observacional en criterios y recomendaciones de la National Fire Protection Association, (NFPA) y demás organismos regulatorios internacionales en materia de protección contra incendios, así como del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios (Ecuador).

El análisis de riesgos y de normas técnicas permitió proponer el sistema de detección y protección contra incendios acorde a las necesidades reales de cada área de la Central Termoeléctrica Sacha, direccionada a ser considerada para su futura implementación, ya que no es un requisito voluntario, es una obligación técnica por ser una empresa de alto riesgo, como también de las condiciones de primas de seguro de riesgos.

ABSTRACT

Resource protection throughout the industry risk prevention should be integrated as a fundamental principle in the management of each of the organizations.

All fire protection measure is intended to reduce the risk of fire, mainly preventive measures that aim to be the probability of a fire arise, this is small and if the result in fire, it does not spread quickly and freely, trying to cause the least possible damage to enterprise resources.

The proposed detection system and fire protection research study is cross-sectional descriptive document review based on observational criteria and recommendations of the National Fire Protection Association (NFPA) and other international regulatory bodies on fire and the Rules of Prevention, Mitigation and Fire Protection (Ecuador).

Risk analysis and propose technical standards allowed the detection system and fire protection according to the real needs of each area of the Thermoelectric Sacha, directed to be considered for future implementation, it is not a voluntary requirement is technical obligation as a company of high risk, as well as the risk conditions of insurance premiums.

Dedicado a mis padres Carlos y Dolores por todo su esfuerzo y dedicación para regalarme el preciado regalo de la educación. A Andrés por su cariño, amistad y apoyo incondicional durante estos años.

Se agradece por su contribución para el desarrollo de esta tesis al Ing. Giovanni Vintimilla, por su guía durante la elaboración del presente trabajo.

A los docentes de la Universidad San Francisco de Quito y de la Universidad de Huelva por sus enseñanzas.

Al personal de la Central Termoeléctrica Sacha por haberme brindado su amistad sincera y el aporte con la información necesaria para el desarrollo del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS**PRELIMINARES**

Portada	i
Hoja de Aprobación de Tesis	ii
Derechos de Autor	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Tabla de Contenidos	viii
Preliminares	viii
Indice General	ix

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción de La empresa.....	1
1.2 Problema que se pretende abordar	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Antecedentes	4
2. Objetivos	9
2.1.1 Objetivo General	9
2.1.2 Objetivos Específicos	9
2.1.3 Objetivos Colaterales	9
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	11
3.1 Protección Contra Incendios	11
3.2 Normas Aplicables	11
3.3 Evaluación de Riesgos	12
3.3.1 Métodos de Evaluación de Riesgos	13
3.4 Análisis de Riesgo de Incendio para la Central Térmica Sacha	15
3.4.1 Riesgo Intrínseco	15

3.4.2 Método Probit	19
3.4.3 Método Meseri.....	21
3.5 Fuego	22
3.5.1 Triangulo del fuego.....	23
3.5.2 Tetraedro del fuego	23
3.6 Clases de Fuego	24
3.6.1 Por Tipo de Combustible	25
3.6.2 Por la Existencia de Llama	26
3.7 Formas de propagación.....	26
3.7.1 Propagación en el tiempo.....	26
3.7.2 Propagación en el Espacio.....	27
3.8 Métodos de Extinción	28
3.9 Agentes Extinción.....	28
3.9.1 El Agua.....	29
3.9.2 Espumas	29
3.9.3 Polvo Químico Extintor.....	30
3.9.4 Dioxido de Carbóno.....	30

3.9.5 Nuevas Tecnologías en los Agentes Extintores	31
3.10 Extintores	32
3.11 Abastecimiento de Agua.....	34
3.12 Red de Agua Contra Incendios	34
3.12.1 Sistemas de Mangueras De Incendio.....	34
3.12.2 Hidrantes y/o Grifos.....	36
3.13 Rociadores Automáticos.....	36
3.13.1 Tipos de sistemas	36
3.14 Sistemas de Detección de Incendios	38
3.15 Filosofía de Control	41
4. METODOLOGÍA.....	42
4.1 Diseño del Estudio	42
4.2 Universo y Muestra	42
4.3 Técnicas de Recolección de Datos	42
4.4 Técnicas de análisis de datos	45
4.5 Criterios de Inclusión y Exclusión.....	45
4.6 Descripción y Análisis del actual sistema de detección y extinción.....	46
5. RESULTADOS	49

5.1 Análisis de Riesgos	49
5.2 Propuesta de intención de diseño del sistema contra incendio	54
5.2.1 Sistema De Alarma y Señalización de Incendios	54
5.2.1.1 Equipos de monitoreo y detección de incendios por zonas.....	55
5.2.2 Análisis de riesgo y propuesta de diseño del sistema contra incendio de acuerdo a recomendaciones de plantas de generación eléctrica, NFPA 850.....	58
5.2.2.1 Sistema de extinción ETU y Subestación.....	58
5.2.2.2 Bodega de Materiales.....	63
5.2.2.3 HTU	64
5.2.2.4 MDU	64
5.2.2.5 Zona de Descarga de Combustible	66
5.2.2.6 Suministro de Agua y Espuma	67
5.2.3 Bombas de Incendio.....	68
5.2.3.1 Determinación de la bomba contra incendios.....	68
5.2.3.2 Sistemas de Arranque	72
5.2.4 Red de Distribución	73
5.2.5 Supervisión de Válvulas	76
5.2.6 Red de Hidrantes	77

5.2.6.1 Hidrantes Industriales.....	77
5.2.6.2 Monitores.....	78
5.2.7 Protección con Mangueras.....	78
5.3 Selección de Materiales y Accesorios	80
6. DISCUSIÓN / ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	81
7. CONCLUSIONES.....	85
8. RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
GLOSARIO.....	95
ABREVIATURAS.....	98
SIMBOLOGÍA.....	99
ÍNDICE DE CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS	101

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Datos Técnicos Proyecto Sacha	2
Tabla N°2 Principales Fuentes de Ignición en Industrias	7
Tabla N°3 Nivel de Riesgo Intrínseco.....	19
Tabla N°4 Equivalencia entre valores Probit y porcentaje de población afectada.....	21
Tabla N°5 Clases de Fuego	25
Tabla N°6 Clasificación de los Extintores	33
Tabla N°7 Nivel de Riesgo Intrínseco.....	49
Tabla N°8 Vulnerabilidad a explosiones Motores	50
Tabla N°9 Vulnerabilidad a explosiones HTU.....	50
Tabla N°10 Vulnerabilidad a explosiones Calderas.....	51
Tabla N°11 Vulnerabilidad a explosiones Compresores	51
Tabla N°12 Vulnerabilidad a explosiones Almacenamiento de Combustibles HFO	52
Tabla N°13 Vulnerabilidad a explosiones Almacenamiento de Combustibles LFO.....	53
Tabla N°14 Evaluación Método Meseri	54

INDICE DE FIGURAS

Fig.1. Triángulo del Fuego	23
Fig. 2 Tetraedro del Fuego.....	23
Fig. 3 Incendio de materiales tipo líquidos o gases.....	26
Fig. 4 Incendio de materiales tipo madera o papel.....	26
Fig. 5 Diagrama de bloques de propuesta de diseño de sistema contra incendios.....	57
Fig.6 Sistema FM 200	60
Fig.7 Conjunto Cilindro Válvula	61
Fig.8 Cabezal de Control Eléctrico	61
Fig.9 Manguera flexible de descarga	62
Fig.10 Válvulas de retención tipo swing	62
Fig. 11 Interruptor accionado por presión.....	63
Fig.12 Bomba horizontal con succión positiva.....	71
Fig. 13 Bomba centrífuga vertical accionada por motor eléctrico	72

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS I	101
ANEXO II.....	107
ANEXO III.....	125
ANEXO IV	137
ANEXO V	146
ANEXO VI	156
ANEXO VII	162
ANEXO VIII	168
ANEXO IX	174

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de La empresa

En el año 2011 entra en generación La Central Termoeléctrica Sacha perteneciente a la UN TERMOPICHINCHA. La misma que se encamina con firmeza y determinación a convertirse a mediano plazo en una Unidad líder en generación térmica, geográficamente expandida y diversificada con fuentes de generación renovables y no renovables, retos que se basan en una planificación articulada con la estrategia de CELEC EP y con el compromiso y trabajo en equipo de todos los colaboradores de la Unidad.

En el año 2009, en cumplimiento al Decreto Ejecutivo No.89 se suscribió entre el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable de la República del Ecuador y el Ministerio de Industria Básica de la República de Cuba, un Memorando de Entendimiento, a fin de implementar en Ecuador un programa de generación distribuida con motores de combustión interna de Fuel Oil, asistencia técnica, y el intercambio de profesionales, a corto plazo.

El 16 de febrero de 2009 se suscribió el Convenio de Cooperación Específica Interinstitucional entre los dos gobiernos, encargando a la Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC S.A. el desarrollo del proyecto. Debido al alcance y desarrollo del Proyecto para la instalación de 40.8 MW en el Ecuador, se encarga a la Unidad de Negocio Termopichincha la instalación de dos unidades de 20.4 MW cada una, con grupos electrógenos de potencia de 1.7 MW, en las ciudades de Manta y Sacha.

El 2 de junio de 2010, entre la Empresa ENERGOIMPORT en representación de la Unión Eléctrica de Cuba y CELEC EP Unidad de Negocio TERMOPICHINCHA,

suscriben el Acta de aprobación de la Ingeniería de Detalle de los Proyectos Sacha y Manta de 20,4 MW cada uno de Generación Distribuida, empleando combustible Fuel oil.

La Central Termoeléctrica Sacha se encuentra ubicada en el Cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

Tabla N°1. Datos Técnicos Proyecto Sacha

Proyecto:	Generación Distribuida
Inversión:	USD\$ 27.000.000
Capacidad:	20.4 MW
Combustible:	Fuel Oil
Fecha de ingreso:	enero 2011

Fuente: CELEC EP UN Termopichincha

En la Central Sacha se instalaron 12 Motores Hyundai de 1,7 MW, que utilizan combustible residuo de petróleo (HFO). Esta opción se enmarca en el Convenio de Cooperación Específica Interinstitucional entre el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER de Ecuador y el Ministerio de Industria Básica de Cuba.

1.2 Problema que se pretende abordar

La Central Térmica Sacha desde el inicio de sus operaciones en Enero de 2011 no cuenta con un sistema fijo de detección y protección contra incendios.

Los medios de protección de la central se basan en extintores portátiles de CO₂, PQS y AFF para proteger 3 salas de control de paneles eléctricos ETU, 1 Control

Room, 12 Motores de 1.7KV , 3 HTU, 3 calderas y 3 compresores, entre otras áreas de riesgo menor.

Estos medios de protección resultarían deficientes en el momento de presentarse una emergencia por lo que se pretende abordar con responsabilidad la elaboración de la propuesta del diseño de un sistema de detección y protección para la central sustentado técnicamente en un análisis de riesgos y normas nacionales e internacionales regulatorias en materia de prevención de incendios.

1.3 Justificación

El desarrollo científico y tecnológico va acompañado de riesgos. Para esto, el estar preparados para enfrentarnos a ellos y mantenerlos bajo nuestro control es responsabilidad de todos.

En industrias que tienen como fuente de combustibles los derivados de petróleo, los riesgos de incendios, al no tenerlos bajo control, han llegado a provocar cuantiosos daños materiales y pérdidas de vidas humanas. Las empresas ven deteriorado su patrimonio y fuente de producción; la economía nacional se ve enfrentada a pérdidas sociales y humanas y muchos trabajadores pierden su fuente de trabajo.

Los accidentes de incendios podrán ser evitados en las industrias y/o centros de trabajo si, se apoyan los programas de prevención, se dispone de recursos adecuados e informan a los trabajadores de sus responsabilidades y la capacitación específica para prevenir los accidentes.

Desde su ingreso a operaciones la Central Térmica Sacha en Enero del 2011, no ha reportado conatos de incendios en sus inhalaciones, sin embargo esto no exime la

responsabilidad de cumplir con exigencias técnicas nacionales como internacionales en cuanto a la protección contra incendios.

En la actualidad la central está protegida por sistemas de extintores distribuidos en las diferentes áreas, este medio de protección resulta ineficiente en el momento de brindar protección cuando un fuego se ha expandido y sale fuera de control (un extintor ayuda a combatir fuegos incipientes).

La propuesta de un sistema de detección y protección contra incendios a través de un análisis de riesgo de las áreas así como la revisión de normas técnicas legales, pretende aportar a la Central Térmica Sacha las directrices técnicas de los sistemas que deben tener cada área para brindar la protección de los equipos y del recurso humano, tratando de evitar pérdidas económicas cuantiosas que afectan la economía de la empresa y del país.

1.4 Antecedentes

¹ “Dada la disponibilidad de la tecnología, los diseñadores de construcción están siendo impulsados, en parte, por los códigos de construcción y el fuego, incorporando sistemas de seguridad de vida más complejas que requieren un diseño adecuado y la integración de sus funciones con el fin de cumplir sus objetivos de rendimiento.”

Después de que Roma se quemara en el 64 dC, el emperador Nerón estableció un requerimiento de utilización de materiales a prueba de fuego para las paredes

¹ Commissioning fire protection systems: a new NFPA document, expected to be available in about a year, will provide criteria for commissioning and integrated testing of fire protection and life safety systems, for Baldassarra C, Brown T.; Consulting Specifying Engineer [en línea] Noviembre 2010; [fecha de acceso 19 de agosto de 2012]. P23. URL disponible en: http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA267033208&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p

externas en la reconstrucción de la ciudad. Este fue quizás el primer ejemplo registrado de la utilización de la ciencia y la ingeniería de la época en la práctica de la ingeniería de protección contra incendios. Después de la caída del imperio romano y el comienzo de la Edad Media, no fue hasta el siglo XVII, durante el Renacimiento, que un enfoque técnico para la protección contra incendios volvió a surgir. Después del Gran Incendio de Londres de 1666, que destruyó más del 80 por ciento de la ciudad, Londres adoptó en su reglamento la edificación de casas en base a piedra y ladrillo resistente al fuego con separaciones con pared medianera. El incendio de Londres también estimuló el interés en el desarrollo de equipos de extinción de incendios. El diseño de este tipo de equipos es otro ejemplo de la ingeniería de protección contra incendios.¹

A lo largo de la Revolución Industrial en Gran Bretaña en el siglo XVIII y en los Estados Unidos en el siglo XIX, los incendios continuaron, pero comenzaron a disminuir a medida que la construcción con estructura combustible fue sustituida por mampostería, hormigón y acero. Se formaron departamentos públicos contra incendios, se instalaron suministros públicos de agua con tuberías de aguas subterráneas y bocas de incendios, y se produjo una mejora de los camiones de bomberos. A mediados del siglo XIX, donde se produjeron una serie de graves incendios en fábricas textiles y de papel en Nueva Inglaterra, causados por la pelusa y restos de papel. La solución de la ingeniería de protección contra incendios fue la instalación de un sistema de accionamiento manual de tubos perforados en el techo, creando así uno de los primeros sistemas fijos de extinción de incendios.¹⁻²

El deseo de hacer un sistema de extinción automático de agua en última instancia, condujo al desarrollo de una de las innovaciones más importantes en la ingeniería de protección contra incendios - el sistema automático de rociadores. Durante el

siglo XIX, muchos de los avances en la ingeniería de protección contra incendios fueron provocados por la influencia de la industria del seguro y el deseo de minimizar las pérdidas de seguros de propiedad. Un gran número de organizaciones fueron creadas por la industria aseguradora en los EE.UU. que se encarga de establecer el concepto de ingeniería de protección contra incendios, poniendo en práctica y facilitando su crecimiento y su reconocimiento como una profesión. Estos fueron Factory Mutual en 1835, la Junta Nacional de Seguros contra incendios en el año 1866, la Asociación de Seguros de fábrica en 1890, Underwriters Laboratories en 1893 y la National Fire Protection Association en 1896. Estas fueron las organizaciones fundadoras de la ingeniería de protección contra incendios.³

Durante la primera mitad del siglo XX, el desarrollo de normativa se convirtió en el principal medio de aplicación de la ingeniería de protección contra incendios para la seguridad de la vida y la protección de la propiedad. Se desarrollaron posteriormente métodos estandarizados de ensayo a fuego para los elementos de construcción y aparecieron las normas ASTM y NFPA. Esfuerzos similares con resultados similares se llevaron a cabo en Europa.⁴

En el inicio del siglo XXI, los métodos de cálculo para una evaluación cuantitativa de la protección contra incendios siguen mejorando. Estos incluyen la severidad del fuego y resistencia al fuego para determinar las necesidades estructurales de protección contra incendios; propiedades de los materiales tales como las tasas de liberación de calor, la propagación del fuego, el humo desarrollado y movimiento del humo y el flujo de salida. Estos métodos, junto con la potencia de cálculo de los ordenadores de hoy en día, han dado lugar al desarrollo de modelos más fáciles de usar por el ingeniero de protección contra incendios. Surge lo que se conoce como

seguridad ante incendio basada en prestaciones como evolución natural de la seguridad contra incendios ⁴.

Según algunas estadísticas, aproximadamente el 90% de los incendios industriales son causados por 11 fuentes de ignición:

Tabla N°2. Principales Fuentes de Ignición en Industrias

FUENTE DE IGNICIÓN	PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL
Incendios eléctricos	19%
Roces y fricciones	14%
Chispas mecánicas	12%
Fumar y fósforos	8%
Ignición espontánea	7%
Superficies calientes	7%
Chispas de combustión	6%
Llamas abiertas	5%
Soldadura y corte	4%
Materiales recalentados	3%
Electricidad estática	2%

Fuente:

<http://www.conectapyme.com/gabinete/emergemap/guia/nivel2apartado1.html>

Elaborador por: EmergeMAP

Las grandes empresas Petroleras, pública y privada, están conscientes de la responsabilidad de la protección contra incendios, invierten en sistemas contra incendios acorde a los procesos y las tecnologías que introducen en sus instalaciones con el propósito de garantizar el recurso material y humano.

En el Ecuador no se conocen con acierto estadísticas de incendios reportados en centrales termoeléctricas y/o petroleras que hayan causado pérdidas cuantiosas a la economía del país.

Hasta la actualidad la Central Térmica Sacha no ha reportado conatos de incendio en sus instalaciones desde su entrada en operación en enero de 2011.

2. Objetivos

2.1.1 Objetivo General

Proponer un sistema de detección y protección de incendios para la Central Térmica Sacha cumplimiento con el Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios de Ecuador, las normas NFPA correspondientes y organismos regulatorios internacionales.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las necesidades de detección y protección contra incendios de cada área de la Central Térmica Sacha.
- Aplicar un método de evaluación de riesgo de incendios en base a exigencias técnicas legales, para determinar la manera de controlar y disminuir los riesgos de incendio en la Central Termoeléctrica Sacha.
- Identificar un sistema de detección y protección acorde a cada área objeto del estudio, sin afectar el recurso humano y las condiciones de garantía de los equipos.

2.1.3 Objetivos Colaterales

- Aplicar la normativa de incendios existente en el Ecuador así como internacional, acondicionándola con los escenarios reales de la central termoeléctrica, para obtener una herramienta de protección y detección.

- Estudiar la metodología y estándares para la identificación de riesgos de cada área de la central térmica utilizando normativa legal en materia de protección de incendios tanto nacional como internacional.
- Entregar a la Unidad de Negocio Termopichincha la propuesta de diseño de un Sistema de Detección y Protección contra incendios para análisis y futura implementación en la central térmica.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 Protección Contra Incendios

La forma más adecuada para luchar contra un incendio se realizará actuando con medidas de dos tipos: de protección pasiva y de protección activa.

La protección pasiva pretende evitar la propagación de un incendio mediante el diseño correcto del edificio, el empleo de los materiales constructivos y de revestimientos adecuados, la correcta ventilación y la adecuada geometría del mismo.⁵

La protección activa consiste en el empleo de los medios adecuados para confinar, controlar y extinguir el fuego una vez que este se ha producido. Para conseguir estos objetivos se ha de actuar sobre alguno de los lados que conforman el tetraedro de fuego.⁵

3.2 Normas Aplicables

Para el análisis de Riesgo de Incendios, cuantificación de la carga térmica y priorización de riesgo se utilizó los siguientes criterios de las Normas Técnicas Españolas:

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre de Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales (I). (NTP 831)
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre de Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales (II). (NTP 832)
- NPT 291: Modelos de Vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: Método Probit

El Ecuador posee entre su normativa en materia de prevención de incendios:

- Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios.
- Ley de Defensa Contra Incendios

Este reglamento, no incluye criterios técnicos para el diseño, construcción y montaje de sistemas fijos contra incendios para la industria termoeléctrica por lo que se tomó los estándares internacionales para el desarrollo de la propuesta de intención de diseño.

- NFPA National Fire Protection Association
- UL Underwriter Laboratories In.
- ULC Underwriter Laboratories of Canada
- API American Petroleum Institute
- FM Factory Mutual.

3.3 Evaluación de Riesgos

Para la evaluación del riesgo de incendio, se aplican factores determinados a las magnitudes específicas cuya influencia es más importante.

“Se denomina evaluación de los riesgos laborales al proceso de determinación de la magnitud de aquellos riesgos que no se pueden evitar, obteniendo la información necesaria para que el empresario tome una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, acordar el tipo de actuaciones que deben adoptarse”².

² Sota S.; López M.; Prevención de Riesgos Laborales [en línea]; Madrid: Paraninfo, 2001. p8-9.; [fecha de acceso 19 de agosto de 2012]. URL disponible en: http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2135800012&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w

3.3.1 Métodos de Evaluación de Riesgos

a) Métodos Cualitativos

Tienen como objetivo establecer la identificación de los riesgos en su origen, así como la estructura y/o secuencia con que se manifiestan cuando se convierten en accidente.

Realizan un análisis (más o menos conducido, estructurado y/o secuenciado) de proceso y equipo incluidos en la planta o unidad objeto de estudio. En ocasiones son preliminares y sirven de soporte estructural para los estudios cuantitativos.

Ejemplos de métodos cualitativos aplicados a seguridad industrial son:

- Análisis histórico
- Análisis preliminar
- ¿Qué pasa si...? (What if?)
- Listas de comprobación
- Inspecciones y auditorías técnicas
- HAZOP (Análisis de riesgos y operabilidad)
- AMFE (Análisis de modo de fallos y efectos)
- Índice DOW
- Índice MOND

Ejemplos de métodos cualitativos específicos para la evaluación de riesgo de incendio son:

- Riesgo intrínseco
- Gretener

- Gustav-Prut
- MESERI
- PML-EML
- FRAME

b) Métodos Cuantitativos

Tienen como objetivo recorrer completo el tracto de la evolución probable del accidente desde el origen (fallos de equipos y/o de operaciones) hasta establecer la variación del riesgo (R) con la distancia, así como la particularización de dicha variación estableciendo los valores concretos de R para los sujetos expuestos (habitantes, casas, otras instalaciones, etc.) situados en localizaciones a distancias concretas.

En los métodos cuantitativos, se privilegia la experimentación con control de variables; se sustenta en la estadística y en la filosofía positiva; y el investigador permanece lejano al contexto del problema.

Métodos cuantitativos aplicados a seguridad industrial son:

- Análisis del árbol de fallos
- Análisis del árbol de sucesos
- Determinación del fallo de modo común o causa común
- Cálculo del alcance de efectos
- Cálculo de daños (Probit)
- Cálculo cuantitativo de riesgo

Quizás la razón por la que no existen métodos cuantitativos específicos para la valoración del riesgo de incendio, se debe a que el fuego no es un proceso industrial con sus componentes típicos.

c) Métodos Semicuantitativos

Pretenden mediante la combinación de unos factores globales de riesgo, (que penalizan o bonifican), establecer directamente el riesgo (R) o la severidad (S). Casi siempre conducen a resultados globales o relativos que sirven para comparar riesgos procedentes de plantas industriales diversas pero concretas.

3.4 Análisis de Riesgo de Incendio para la Central Térmica Sacha

Para esta propuesta de sistema de protección y detección contra incendios se empleó el método de análisis de Riesgo Intrínseco y Método Probit de Vulnerabilidad ante Explosiones y para el edificio administrativo se aplicó Meseri.

3.4.1 Riesgo Intrínseco

“Los establecimientos industriales se caracterizan, además de por su configuración y ubicación con relación a su entorno, por su nivel de riesgo intrínseco (NRI). El NRI se evalúa calculando la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de los distintos sectores o áreas de incendio que configuran el establecimiento industrial, según la siguiente expresión”³:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i G_i q_i C_i}{A} R_a \quad (6)$$

³ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales; [en línea]; [fecha de acceso abril - agosto de 2012]. URL disponible en: <http://calculadores.insht.es:86/Seguridadcontraincendios/Introducci%C3%B3n.aspx>

Dónde:

Qs: densidad de carga de fuego ponderada y corregida del sector o área de incendio (MJ/m² o Mcal/m²)

Gi: masa de cada uno de los combustibles *i* que existen en el sector o área de incendio, incluidos materiales de construcción (kg)

qi: poder calorífico de cada uno de los combustibles que existen en el sector de incendio (MJ/kg o Mcal/kg)

Ci: coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles

Ra: coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial del sector. (Cuando existan varias actividades en el mismo sector, se toma el de la actividad con mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10% de la superficie del sector o área de incendio).

A: superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio (m²)

Se puede evaluar la densidad de carga de fuego ponderada y corregida utilizando la densidad de carga de fuego media, aportada por cada uno de los combustibles, en función de la actividad que se realiza en el sector o área de incendio.

Las expresiones que se utilizan son las siguientes:

- a) Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \quad (6)$$

Dónde:

qsi: densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente que se realizan en el sector (MJ/m² o Mcal/m²)

Si: superficie de cada zona con proceso diferente y qsi diferente (m²)

b) Para actividades de almacenamiento

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \quad (6)$$

Dónde:

qvi: carga de fuego aportada por cada m³ de cada zona con distinto tipo de almacenamiento existente en el sector (MJ/m³ o Mcal/m³)

hi: altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles (m)

si: superficie ocupada en planta por cada zona con distinto tipo de almacenamiento en el sector de incendio (m²)

NRI de un edificio o un conjunto de sectores y/o áreas de incendio de un establecimiento industrial

Si el establecimiento industrial está constituido por varios sectores y/o áreas de incendio, el cálculo se realiza como la suma de las densidades de carga de fuego ponderada y corregida de cada uno de los sectores y/o áreas de incendio que lo constituyen.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i Q_{si} A_i}{\sum_1^i A_i} \quad (6)$$

Dónde:

Q_e : densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial (MJ/m² o Mcal/m²)

Q_{si} : densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores o áreas de incendio que componen el edificio industrial (MJ/m² o Mcal/m²)

A_i : superficie construida de cada uno de los sectores o áreas de incendio que componen el edificio industrial (m²)

NRI de un establecimiento industrial, cuando desarrolla su actividad en más de un edificio, ubicados en un mismo recinto

$$Q_E = \frac{\sum_1^i Q_{si} \cdot A_{si}}{\sum_1^i A_{si}} \quad (6)$$

Dónde:

QE: densidad de carga de fuego ponderada y corregida del establecimiento industrial (MJ/m² o Mcal/m²)

Qei: densidad de carga de fuego de cada uno de los edificios industriales que componen el establecimiento industrial, calculada según la expresión anterior (MJ/m² o Mcal/m²)

Aei: superficie construida de cada uno de los edificios industriales que componen el establecimiento industrial (m²)

Calculada la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de un sector de incendio (Q_s) un edificio industrial (Q_e) o un establecimiento industrial (Q_E), según

cualquiera de los procedimientos anteriores, los niveles de riesgo intrínseco de incendio quedan establecidos tal como se indica en la siguiente tabla.

Tabla N°3. Nivel de Riesgo Intrínseco

Nivel de Riesgo Intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal / m ²	MJ / m ²
Bajo	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
Medio	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
Alto	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Fuente:

<http://calculadores.insht.es:86/Seguridadcontraincendios/Introducci%C3%B3n.aspx>

Elaborado por: INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo - España)

3.4.2 Método Probit

“Es un método estadístico que nos da una relación entre la función de probabilidad y una determinada carga de exposición a un riesgo”⁴.

⁴ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; NTP 291 Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: Método Probit. Pág. 1.

El método parte de una manifestación física de un incidente y nos da como resultado una previsión de los daños a las personas expuestas al incidente (es decir, número de heridos, número de víctimas, etc.).

La fórmula empleada para este modelo de vulnerabilidad se basa en una función matemática lineal de carácter empírico extraída de estudios experimentales:

$$Pr = a + b \ln V \quad (7)$$

Dónde:

Pr = Probit o función de probabilidad de daño sobre la población expuesta.

a = Constante dependiente del tipo de lesión y tipo de carga de exposición.

b = Constante dependiente del tipo de carga de exposición.

V = Variable que representa la carga de exposición.

El valor Probit permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o por muerte a causa de una carga de exposición determinada en la siguiente tabla:

Tabla N°4. Equivalencia entre valores Probit y porcentaje de población afectada.

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,95	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,95	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,38	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

Fuente: NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes
mayores: método Probit

3.4.3 Método Meseri

El método MESERI se basa en la consideración individual, de diversos factores generados o agravantes del riesgo de incendio, y de aquellos que reducen y protegen frente al riesgo. Una vez valorados estos elementos mediante la asignación de una determinada puntuación se trasladan a una fórmula del tipo:

$$R = \frac{X}{Y} \quad \text{o} \quad R = X \pm Y \quad (8)$$

Dónde:

X = valor global de la puntuación de los factores generados o agravantes. Y el valor global de los factores reductores y protectores y,

R = valor resultante del riesgo de incendio, obtenido después de efectuar las operaciones correspondientes.

El valor final se obtiene como suma de las puntuaciones de las series de factores agravantes y protectores de acuerdo con la fórmula:

$$R = \frac{5}{129} X + \frac{5}{30} Y \quad (8)$$

Este método evalúa el riesgo de incendio considerando los factores:

- a) Que hacen posible su inicio;
- b) Que favorecen o entorpecen su extensión e intensidad;
- c) Que incrementan o disminuyen en el valor económico de las pérdidas ocasionadas;
- d) Que están dispuestos específicamente para su detección, control y extinción;

La consideración de estos grupos de factores permite ofrecer una estimación global del riesgo de incendio.

3.5 Fuego

“Es una reacción química, conocida por combustión. También podemos decir que es una oxidación rápida del material combustible, acompañada por desprendimiento de energía en forma de luz y calor y de gases propios de la combustión”⁵.

Al ser el fuego el origen de los incendios, es necesario conocer sobre él, con el fin de adoptar medidas adecuadas para controlarlo.

⁵ Sanvicente E.; [Prevención protección y lucha contra el fuego](http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2135900007&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w) [en línea]. Madrid: Paraninfo, 1996. p1. [fecha de acceso 19 de octubre de 2012]. URL disponible en: http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2135900007&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w

3.5.1 Triángulo del fuego

El triángulo de fuego es un modelo que describe los tres elementos necesarios para generar la mayor parte de los [fuegos](#): un [combustible](#), un [comburente](#) (un [agente oxidante](#) como el [oxígeno](#)) y fuente de ignición.



Fig.1. Triángulo del Fuego

Cada uno de los lados del triángulo representa a un elemento necesario para que se produzca la combustión. Si el triángulo no está completo el fuego no será posible.

3.5.2 Tetraedro del fuego

Un tetraedro es una figura formada por cuatro caras triangulares. Cada cara representa un elemento o condición para que la combustión sea posible, además de las descritas en el triángulo de fuego se considera las reacciones en cadena.

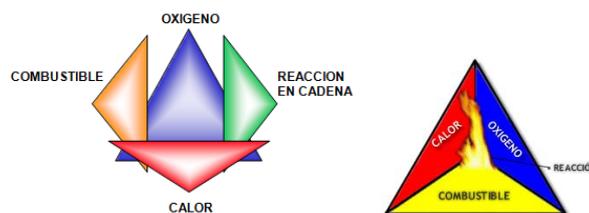


Fig. 2 Tetraedro del Fuego

Las reacciones en cadena se han de producir entre los vapores del combustible y el oxígeno, si se impiden estas reacciones el fuego no se iniciará.

- **Combustible:** Se define como combustible cualquier sustancia capaz de arder, es decir, capaz de combinarse con un comburente en una reacción exotérmica.
- **Comburente:** Aunque un comburente es cualquier agente oxidante capaz de oxidar un combustible, en una reacción rápida y exotérmica, este término se suele aplicar a mezclas de gases, las cuales el oxígeno esté en proporción suficiente para que en su seno se inicie y desarrolle la combustión, ya que el oxígeno es agente oxidante más común.

El comburente es normalmente el oxígeno del aire. La importancia de este elemento se centra fundamentalmente en la violencia con que se produzca la combustión. En condiciones normales la concentración de oxígeno en el aire es de un 21%.

- **Energía de Activación:** Es la energía mínima que necesitan los reactivos para que se inicie una reacción. Esta energía se aporta en la combustión por parte de las fuentes de ignición.
- **Reacciones en Cadena:** Los procesos mediante los cuales progresa la reacción entre el comburente y el combustible.

3.6 Clases de Fuego

Una vez iniciada la reacción química que es el fuego, su comportamiento y evolución dependen de las características del combustible, por lo que se ha realizado una clasificación de los combustibles, aceptada internacionalmente, con el fin de establecer la mejor forma de combatirlos.

3.6.1 Por Tipo de Combustible

Tabla N°5. Clases de Fuego

PICTOGRAMA	TIPO	COMBUSTIBLE
	Clase A:	Fuego de materiales combustibles sólidos (madera, tejidos, papel, goma, etc.). Para su extinción requieren de enfriamiento, o sea se elimina el componente temperatura.
	Clase B:	Fuego de líquidos combustibles (pinturas, grasas, solventes, naftas, etc.). Se apagan eliminando el aire, o interrumpiendo la reacción en cadena.
	Clase C	Fuego de equipos eléctricos bajo tensión. El agente extintor no debe ser conductor de la electricidad. Una vez desconectado el aparato se lo puede apagar con extintores para fuegos tipo A o B.
	Clase D	Fuego de ciertos metales combustibles (magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio, etc.). Requieren extintores especiales.
	Clase K	Fuego de aceites vegetales (ejemplo: aceite de cocina). Requieren extintores especiales.

Fuente: NFPA 10, edición 2010

3.6.2 Por la Existencia de Llama

El proceso de combustión puede tener lugar de dos formas diferentes: con llama (en el que se incluyen las explosiones) y superficial sin llama [en el que se incluyen la incandescencia superficial y profunda (brasas)].

En condiciones de equilibrio, la energía térmica generada y la perdida en el ambiente ambas medidas en función del tiempo, deber igualarse. Si la primera supera la segunda, el fuego aumenta; inversamente, si la segunda supera a la primera, el fuego disminuye. Este proceso depende en gran medida de la temperatura.

3.7 Formas de propagación

3.7.1 Propagación en el tiempo

Varía significativamente según sea el combustible y en qué condiciones se encuentra, siendo muy importante conocer estas características.

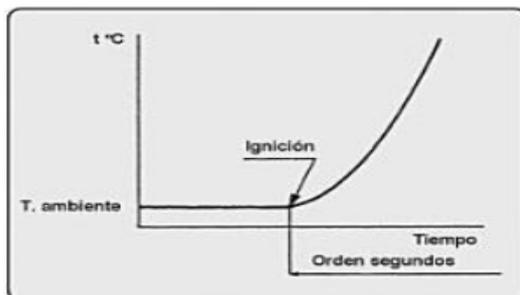


Fig. 3 Incendio de materiales tipo
líquidos o gases

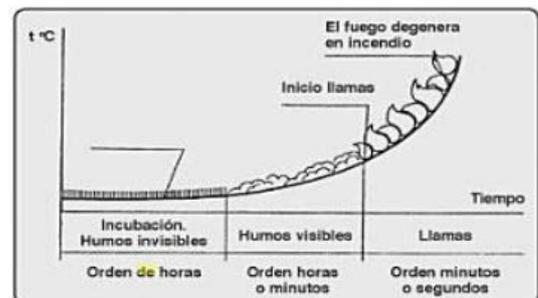


Fig. 4 Incendio de materiales tipo
madera o papel

3.7.2 Propagación en el Espacio

La propagación de los incendios se desarrolla en tres formas diferentes, que a su vez se pueden presentar simultáneamente.

- **Conducción:** Es la transmisión del calor que se produce en los cuerpos sólidos por proximidad de sus moléculas. La mayor o menor velocidad dependerá tanto de la naturaleza como de la estructura de la masa. Este fenómeno de transmisión será menor en los líquidos y mínimo en los gases al estar sus moléculas muy separadas.
- **Convección:** Este fenómeno consiste en que el aire próximo al foco de calor se calienta y comienza a ascender en virtud de que su peso es menor; a su vez, el aire fresco desplazado por el caliente y con un peso mayor, tiende a bajar, con lo que se forman corrientes de aire de diferentes temperaturas. Las corrientes se producen de forma natural aunque pueden verse favorecidas por los mecanismos de ventilación.

El aire caliente puede alcanzar temperaturas de hasta 1000°C y en su recorrido pueden originar otros incendios en puntos alejados.

- **Radiación:** Cuando un cuerpo se calienta transmite calor a los cuerpos que se encuentran próximos a él. Pero si el cuerpo se mantiene encima del foco sin contacto directo, el calentamiento se produce por convección (debido al movimiento ascendente de aire caliente). Sin embargo, si el cuerpo se coloca bajo el foco de calor, también sin tocarlo, asimismo se calienta por radiación

Lo más común es que la propagación se produzca por un efecto conjunto de los tres mecanismos. La propagación puede ser:

- De forma horizontal
- De forma vertical
- Ascendente
- Descendente

3.8 Métodos de Extinción

Características de mecanismos de extinción:

- **Eliminación del Combustible.-** Denominado también dilución, consiste en disminuir la concentración del combustible, reduciendo así la velocidad de reacción por debajo de la de autoalimentación.
- **Sofocación.-** La sofocación consiste en separar el combustible del comburente. Con ello también se logra reducir la emisión de vapores combustibles.
- **Enfriamiento.-** Este es un proceso endotérmico que absorbe energía producida durante la combustión reduciéndola por debajo del umbral necesario para la autorreacción
- **Inhibición.-** Las reacciones de combustión progresan a nivel atómico por un mecanismo de radicales libres. Si los radicales libres formados son neutralizados, antes de su reunificación en los productos de combustión, la reacción se detiene.

3.9 Agentes Extinción

La extinción de un incendio se consigue al proyectar sobre los combustibles en combustión unos productos llamados agentes extintores. Entre estos productos extintores podemos encontrar:

- Agua
- Espumas
- Polvo
- Dióxido de carbónico
- Nuevas tecnologías en los agentes extintores

3.9.1 El Agua

Es el agente extintor por excelencia. Posee un alto calor específico que le confiere una importante capacidad de absorción de calorías.

Propiedades Extintoras: Como agente extintor, el agua causa los siguientes efectos:

- **Enfriamiento:** Debido a la alta capacidad calorífica y al elevado calor de vaporización, el cambio de fase agua / vapor es un proceso endotérmico.
- **Sofocación:** El vapor de agua producido desplaza el comburente, impidiendo que entre en contacto con el combustible.
- **Eliminación del combustible:** Que puede ser por dilución, cuando el combustible es hidrosoluble, o por emulsión, si no es miscible con el agua.

3.9.2 Espumas

Las espumas son agente extintores que tienen como base el agua con un aditivo emulsionante.

Propiedades Extintoras: Las espumas extinguen por sofocación y enfriamiento, para lo cual éstas deben presentar:

- Estabilidad química, bien por cohesión entre las burbujas, bien por la capacidad de retención del agua, bien por su inmiscibilidad con el combustible.
- Estabilidad térmica, que les permita resistir los efectos del calor generado durante el incendio.
- Fluidez, que facilite su rápida extensión por la zona incendiada

3.9.3 Polvo Químico Extintor

El polvo es un agente extintor compuesto de sustancias químicas en estado sólido finamente divididas.

Propiedades Extintoras: El polvo químico actúa en la extinción con los siguientes efectos:

- **Enfriamiento:** Absorbe energía calorífica. Es un efecto prácticamente despreciable.
- **Sofocación:** Produce un residuo que aísla el combustible del oxígeno. Este efecto es apreciable en el denominado polvo polivalente.
- **Inhibición:** Cuando se descarga el agente sobre las llamas, se combina con los radicales libres e impide que estos continúen la combustión. Es el efecto más importante en la extinción con polvo.

3.9.4 Dióxido de Carbono (CO₂)

Es un gas incomburente, más pesado que el aire, que se envasa a presión en recipientes, de tal forma que en estas condiciones se encuentra en fase líquida.

Cuando sale del recipiente pasa al estado gaseoso produciéndose un rápido enfriamiento.

Propiedades Extintoras: Los efectos extintores más importantes son:

- **Sofocación:** Pues el CO₂ diluye el aire, disminuyendo así la concentración del comburente.
- **Enfriamiento:** Al descargar el agente sobre el combustible se produce un descenso de temperatura debido a la absorción por descompresión y cambio de fase (proceso endotérmico).

3.9.5 Nuevas Tecnologías en los Agentes Extintores

Los nuevos agentes son para uso en instalaciones fijas y se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Agentes halocarbonados.**

Pertencen a la misma familia que los halones, diferenciándose de estos últimos en que ciertos parámetros (ODP: factor que mide la capacidad de destrucción de la capa de Ozono; GWP: coeficiente de calentamiento de la Tierra) relativos a efectos contaminantes, son muy bajos.

Actúan fundamentalmente por Inhibición, al neutralizar los radicales libres.

- **NAF SIII (diclorotrifluoretano):** Es una mezcla de halones 22, 123, y 124, más un aditivo detoxificante. Su uso y fabricación están controlados por el Protocolo de Montreal.
- **FM 200 (heptafluoropropano):** Es un hidrofluorocarbono puro de denominación técnica HFC 227. Su uso y fabricación están controlados por el Protocolo de Montreal.

- **CEA 410 (perfluorobutano):** Es posiblemente el más efectivo de los sustitutos actuales en términos de concentración de extinción, falta de toxicidad y cantidad limitada de productos térmicos de descomposición.

- **Agentes inertes**

Son gases o mezcla de gases, que reducen la concentración de oxígeno hasta alcanzar un valor inferior al requerido para mantener una combustión.

Actúan fundamentalmente por Sofocación, al disminuir la concentración de oxígeno.

- **Argonite:** Es una mezcla de gases inertes al 50% de Argón y Nitrógeno.
- **Argón:** De características parecidas al anterior, se diferencia en que su composición es Argón al 100%.
- **Inergen:** Es una mezcla de Nitrógeno, Argón y CO₂ al 52%, 40% y 8% respectivamente. La adición de CO₂ mejora las condiciones de respiración en una atmósfera con bajo contenido en oxígeno.

- **Agentes acuosos.**

Son sistemas de descarga de agua, que puede ir mezclada con gases y finamente dividida. El sistema de descarga se efectúa mediante el uso de Rociadores de respuesta rápida o Nieblas de agua. Actúan fundamentalmente por Enfriamiento o sofocación local.

3.10 Extintores

El extintor portátil es un aparato autónomo, fácil de transportar y ser utilizado manualmente, que contiene un agente extintor capaz de ser proyectado y dirigido contra el fuego por una presión interna.

Tabla N°6. Clasificación de los Extintores

a) Según el agente extintor y su forma de proyección	Extintores de agua a chorro.
	Extintores de agua pulverizada.
	Extintores de agua con aditivos (humectantes, tensoactivos, etc.), a chorro o pulverizada.
	Extintores de espuma: La espuma puede ser generada físicamente, por la unión de un espumante (compuesto de espumógeno y agua) con el aire atmosférico; o químicamente, con gas impulsor producido mediante una reacción.
	Extintores de polvo. Se distinguen tres tipos de polvo: <ul style="list-style-type: none"> - Polvo químico seco (BC), a base de bicarbonatos o cloruros. - Polvo polivalente o antibrasas (ABC), a base de fosfatos. - Polvo especial (D), destinado a los fuegos de metales (magnesio, potasio, sodio, etc.).
	Extintores de dióxido de carbono (CO ₂).
	Extintores de halón. Los halones son hidrocarburos halogenados que se descargan en mezcla de líquidos y de vapor.
b) Según el tipo de funcionamiento	Extintores de presión permanente: Aquellos en los que el agente extintor se encuentra siempre presurizado, ya sea por su propia presión de vapor (caso del dióxido de carbono), o por la presión auxiliar del agente impulsor, que se encuentra en el mismo recipiente.
	Extintores de presión no permanente: Aquellos extintores que contienen agentes líquidos o pulverulentos en un recipiente a presión atmosférica. Se presurizan en el momento de su utilización, mediante la introducción de un agente impulsor, contenido en otro recipiente (cartucho), exterior o interior al cuerpo del extintor, o producido por una reacción química activada en el momento de la utilización.

Fuente: NFPA 10, edición 2010

3.11 Abastecimiento de Agua

El abastecimiento de agua a los sistemas de protección contra incendios deberá ser de uso exclusivo para los mismos. Los equipos de bombeo y depósitos de presión serán de uso exclusivo para incendios. Cuando un sistema de protección contra incendios entra en demanda, el funcionamiento de los abastecimientos de agua deberá ser automático. Además, estarán permanentemente en disposición de empleo y no se verán afectados por la falta de suministro eléctrico en otros usos del riesgo protegido.

3.12 Red de Agua Contra Incendios

Las redes de agua contra incendios, también conocidos como medios manuales de extinción por agua, se basan en líneas de mangueras, en uno de cuyos extremos se encuentra el abastecimiento de agua: vehículo de bomberos, motobomba, hidrante, boca de incendio equipada, etc. (los dos últimos son los más frecuentes) y en el otro, el equipo de aplicación: lanza o pitón de agua o de espuma, monitor o formador de barrera, etc. En cualquiera de los puntos de la misma se puede encontrar un distribuidor de aditivos (espesantes, espumógenos, humectantes, etc.).

La configuración del sistema de distribución de agua contra incendio, consistirá en una red o malla, formada por lazos cerrados alrededor de las diferentes secciones o bloques de una instalación.

3.12.1 Sistemas de Mangueras De Incendio (Bocas De Incendio Equipadas BIE)

Un sistema de mangueras de incendio o boca de incendio equipada (BIE), es una serie de elementos para transportar y proyectar agua desde un punto fijo de una red

de abastecimiento hasta el lugar incendiado, incluyendo los elementos de soporte, manómetro y dispositivo de protección. Más sencillamente, una BIE es un conjunto de válvula, manómetro, manguera y lanza, que está conectado permanentemente a un abastecimiento de agua.

La BIE normalmente instalada en el interior de la zona protegida, es un medio de lucha contra incendios de tamaño medio, con un período de autonomía suficiente para extinguir un conato de incendio de cierta importancia.

Tipos y Sistemas

Existen dos sistemas de toma de agua: tubería húmeda y tubería seca. Esta denominación sirve además para especificar dos aspectos de los sistemas: si la tubería está llena o vacía de agua y si el sistema requiere una de abastecimiento permanente o no.

- **Sistemas de tubería húmeda:** Un sistema de tubería húmeda es al mismo tiempo el que tiene todas sus tuberías llenas de agua y el que requiere una fuente de abastecimiento permanente capaz de satisfacer la demanda del sistema.
- **Sistemas de tubería seca:** Los sistemas de tubería seca pueden o no estar conectados permanentemente a una fuente.

Los tres tipos de sistemas de tubería seca más corrientes son:

- a) Sistemas cuyas tuberías están normalmente llenas de aire y que pueden admitir agua automáticamente a través de una válvula seca o de otro dispositivo aprobado.

- b) Sistemas cuyas tuberías están normalmente llenas de aire, dispuestas de modo que pueden admitir agua mediante el funcionamiento manual de un dispositivo remoto aprobado, situado en los puestos de mangueras. En este tipo de sistemas hay que poner especial atención a que los mecanismos de control sean fiables.
- c) Sistemas con tuberías que pueden estar llenas de aire o de agua, pero que no están conectadas directamente a una fuente de abastecimiento capaz de satisfacer las demandas del sistema. Estos sistemas se utilizan generalmente con el agua proveniente de las autobombas de los bomberos.

3.12.2 Hidrantes y/o Grifos

Un grifo y/o hidrante es un dispositivo de conexión para mangueras, cuyo cometido es la lucha contra incendios en todas sus fases, desde el amago a la extinción, pasando por su pleno desarrollo.

El abastecimiento de agua de los hidrantes debe aportar la presión, el caudal y el volumen de reserva adecuados a la magnitud del posible incendio a cuyo combate están destinados.

3.13 Rociadores Automáticos

3.13.1 Tipos de sistemas

Existen seis clasificaciones básicas de los sistemas de rociadores automáticos. Cada tipo de sistema incluye la tubería necesaria para transportar el agua desde la fuente de suministro hasta los rociadores sobre la tubería en la zona bajo protección.

Los seis principales tipos de sistemas son:

- a) **Sistema de tubería húmeda o mojada:** Los rociadores automáticos están acoplados a un sistema de tuberías que contienen en todo momento agua a presión. Cuando se declara un incendio, los rociadores se activan mediante el calor y el agua fluye a través de ellos inmediatamente.
- b) **Sistema de tubería seca:** Los rociadores están normalmente acoplados a una tubería que contiene aire o nitrógeno a presión. Cuando el calor del fuego abre un rociador, se reduce la presión, se abre una válvula de tubería seca por la presión del agua y el agua fluye a través de todos los rociadores que se hayan abierto. Los sistemas de tubería seca deben convertirse en sistemas de tubería húmeda, cuando cese el impedimento para disponer de calefacción adecuada.
- c) **Sistema de acción previa:** Los sistemas de acción previa son sistemas de tubería seca en los que el aire puede estar o no a presión. Cuando se declara un incendio, un dispositivo detector suplementario, situado en la zona protegida, entra en acción, abriendo la válvula que permite el paso del agua hacia el sistema de tuberías y su descarga a través de los rociadores automáticos que se hayan abiertos por el calor producido por el fuego.
- d) **Sistemas combinados de tubería seca y de acción previa:** Estos sistemas combinan las características esenciales de los dos tipos descritos. El sistema de tubería contiene aire a presión. Un detector de incendios suplementario abre la llave del paso del agua y un expulsor de aire situado al extremo de la conducción principal de alimentación. A continuación, el sistema se llena de agua y funciona como sistema de tubería húmeda. Si fallase el detector, el sistema funcionaría como si fuese de tubería seca.
- e) **Sistemas de inundación total:** Estos sistemas son similares a los de acción previa, excepto que todos los rociadores están constantemente abiertos. Cuando

el calor del fuego activa el detector, el agua fluye hacia los rociadores y se descarga a través de todos ellos, produciendo una inundación total en la zona protegida.

- f) **Tipos especiales:** Los sistemas especiales de rociadores se apartan de los requisitos de la norma NFPA 13 - Instalación de Sistemas de Rociadores, en cuestiones como la necesidad de abastecimientos especiales de agua o el menor tamaño de las tuberías. Se instalan de acuerdo con las instrucciones que acompañen a su certificado de homologación por un laboratorio de ensayos. Entre estos sistemas están los exteriores y los de circulación en bucle cerrado.

3.14 Sistemas de Detección de Incendios

Un dispositivo de detección y alarma de incendios es un elemento que reacciona, de forma permanente o con intervalos muy cortos, frente a uno o varios de los fenómenos fisicoquímicos que acompañan al fuego.

Se clasifican en función del fenómeno que detectan y del método empleado, los detectores se clasifican en:

a) Detectores de humos y gases de combustión

- Detector iónico: detecta la presencia de los productos de combustión (partículas líquidas y gaseosas suspendidas en el aire), por la influencia de éstos sobre la corriente eléctrica en una cámara de ionización.
- Detector óptico: detecta la presencia de humo en un espacio de aire atravesado por un haz luminoso.

Los humos se pueden detectar de alguna de las dos formas siguientes:

- Principio de oscurecimiento: cuando las partículas de humo penetran en el haz, la luz que alcanza el receptor se reduce y la alarma se activa.
- Principio de dispersión: cuando las partículas de humo penetran en el haz, se produce la dispersión de la luz (efecto «Tyndall») y la alarma se activa.

b) Detectores de radiación (de llamas)

- Detector de llamas: detecta las radiaciones infrarrojas o ultravioletas emitidas por las llamas.
- Detector de chispas: detecta la presencia de chispas en una conducción.
- Detector de temperatura (térmicos)
- Detector termostático: detecta si la temperatura ambiente excede de un cierto valor durante un tiempo determinado.
- Detector termovelocimétrico: detecta si la velocidad de aumento de temperatura excede de un cierto valor durante un tiempo determinado.

En función de su configuración, los detectores se clasifican en:

- Detector puntual: Responde al fenómeno que hay que detectar en la proximidad de un elemento sensible puntual.
- Detector Multi-Puntual: Responde al fenómeno que hay que detectar en la proximidad de un cierto número de elementos sensibles puntuales.
- Detector lineal: Responde al fenómeno que hay que detectar en la proximidad de una línea continua.

En función de la posibilidad de rearme del detector, los detectores se clasifican en:

- Detector rearmable: Detector que puede llevarse del estado de alarma al estado de vigilancia, cuando las condiciones que han producido su

funcionamiento cesan sin que sea necesario sustituir ninguno de sus elementos.

Existen los siguientes tipos:

- Detector rearmable a distancia: detector que puede llevarse a su estado de disponibilidad mediante una operación efectuada a distancia.
- Detector rearmable localmente: detector que puede llevarse a su estado de vigilancia mediante una operación manual sobre el detector.
- Detector no rearmable
 - Detector no rearmable (con elementos reemplazables): detector que, después del funcionamiento necesita la sustitución de uno o varios elementos para llevarlo de nuevo a su estado de vigilancia.
 - Detector no rearmable (sin elementos reemplazables): detector que, después del funcionamiento, no puede llevarse a su estado de vigilancia.

En función de su movilidad por razones de servicio o de mantenimiento, los detectores se clasifican en:

- Detector amovible: Detector que puede quitarse fácilmente de su disposición normal de funcionamiento.
- Detector inamovible: Detector cuyas características de montaje no permiten su fácil retirada

3.15 Filosofía de Control

El sistema contra incendio tiene la capacidad de realizar la detección de posibles incidentes de manera automática y en tiempo real, siguiendo la lógica de control programada en un controlador.

Alarma de Fuego por Presencia de Flama

Se produce cuando un sensor de flama detecta la presencia de llama, este evento registra en el controlador de manera detallada (zona) y se presenta de forma visual y sonora.

Alarma de Fuego por Presencia de Humo

Se produce cuando un sensor de humo detecta la presencia de partículas de combustión en el aire, este evento se registra en el controlador (zona) y se presenta de forma visual y sonora.

Alarma de Fuego por Cambios Bruscos de Temperatura

Se produce cuando un sensor de calor detecta el cambio brusco de temperatura en el área este evento se registra en el controlador (zona) y se representa de forma visual y sonora.

4. METODOLOGÍA

4.1 Diseño del Estudio

Se trata de un estudio investigativo descriptivo de corte transversal basado en revisión documental y observacional en criterios y recomendaciones de la National Fire Protección Association, (NFPA) y demás organismos regulatorios internacionales en materia de protección contra incendios, así como del Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios (Ecuador).

4.2 Universo y Muestra

Para el desarrollo de esta investigación el universo y la muestra estarán representados por una unidad de estudio, constituida ésta, por los procesos que se realizan en la Central Termoeléctrica Sacha.

4.3 Técnicas de Recolección de datos

- **Observación directa.-** Según Sabino, C (1997), la observación directa “es aquella a través de la cual se pueden conocer los hechos y situaciones de la realidad social”. A través de la utilización de esta técnica se logró identificar y analizar los riesgos de incendio y/o explosiones que pudieran presentarse en el proceso productivo, para luego diseñar los sistemas de detección, alarma y extinción de incendios que requiere la Central Termoeléctrica Sacha.
- **Revisión bibliográfica.-** Una búsqueda bibliográfica es una “recopilación sistemática de la información publicada relacionada con un tema” (Universidad de Derby 1995). Es la búsqueda de información relacionada con el proyecto a desarrollar, es decir, conocer el estado actual del tema, identificar el marco de referencia, las definiciones conceptuales y operativas

de las variables en estudio, descubrir los métodos y procedimientos destinados a la recolección y análisis de datos, utilizados en investigaciones similares, apoyados en libros, manuales, tesis, páginas web, folletos, leyes, normas, entre otros documentos, con el propósito de obtener una base teórica más amplia.

El Ecuador posee el Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, este reglamento carece de criterios técnicos para diseño, construcción y montaje de sistemas fijo de control de incendios para la industria termoeléctrica, por lo que además de revisar su texto y en ausencia de criterios técnicos se tomaron los estándares internacionales en temas relacionados con la protección contra incendios.

Los documentos utilizados como base de referencia normativa bibliográfica son:

Nacional:

Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios del Registro Oficial N° 114 del Jueves 2 de Abril del 2009.

Internacional

NFPA 11 -Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión, Edición 2010.

NFPA 13 -Norma para Sistemas de Rociadores Automáticos, Edición 2010.

NFPA 15 -Norma de Sistemas Fijos de Agua Pulverizado para Protección contra Incendios, Edición 2012.

NFPA 16 -Norma para la Instalación de rociadores/Aspersores Agua-Espuma, Edición 2011.

NFPA 20 -Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias contra Incendio, Edición 2010.

NFPA 24 -Norma para la Instalación de Redes Privadas contra Incendio, Edición 2010.

NFPA 30 -Código de Líquidos Combustibles e Inflamables, Edición 2008.

NFPA 70.-National Electrical Code

NFPA 72.-National Fire Alarm Code,

NFPA 850. -Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter. Edición 2010.

NFPA 2001 -Código de Agentes Limpios, Edición 2012.

API 2030 -Guías para la Aplicación de Sistemas de Agua Pulverizada en la Industria Petrolera, Agosto 1998.

Guidelines for Facility Siting and Layout, Center for Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2003, llamadas de aquí en adelante GFSL.

- **Entrevista de tipo no estructuradas.-** Ander, E. (1982) Dice que: " La entrevista de tipo no estructurada son preguntas abiertas las cuales se responden dentro de una conversación, la persona interrogada da una respuesta, con sus propios términos, de un cuadro de referencia a la cuestión que se le ha formulado".

Para el desarrollo del proyecto fue necesario recurrir a diferentes personas como fuente de información. Indagar todo lo concerniente a las actividades

que se llevan a cabo en procesos de estos tipos. Dicha entrevista no fue un cuestionario como tal, sino de que se formularon preguntas específicas y generales a cada una de las personas que están involucradas con las actividades del área de estudio: supervisores, coordinadores, especialistas en seguridad.

4.4 Técnicas de análisis de datos

Luego de recopilar y ordenar la información recolectada a través de fuentes bibliográficas, observaciones directas y entrevistas no estructuradas, se procedió al análisis de la información obtenida con el fin de cumplir con los objetivos del proyecto.

4.5 Criterios de Inclusión y Exclusión

Los criterios de inclusión para la propuesta de diseño fueron:

- Áreas de tanques de Almacenamiento.
- Área de carga de combustibles
- Subestación
- ETU
- MDU
- HTU
- Bodegas
- Edificios Administrativos.

Los criterios de exclusión fueron:

- Quedarán fuera de la propuesta de sistema de detección y protección contra incendios los transformadores, calderas y compresores por condiciones de garantía de los equipos, condicionamiento del fabricante Hyundai, hasta 2015. Sin embargo se considera la protección de estas áreas a través de detectores de flama de incendios conectada a un sistema central de alarmas a instalarse en el cuarto de control.

4.6 Descripción y Análisis del actual sistema de detección y extinción

Actualmente, los medios de protección de la central se basan en extintores:

- 34 extintores portátiles de CO₂ de 10 libras
- 12 extintores portátiles de PQS de 5 libras.
- 3 extintores de AFFF de 60 galones

Como parte del diseño de sistema contra incendio de la Central Sacha se implantó en las instalaciones pero no en funcionamiento:

a) Equipo Contra Incendios Eléctrico

- Bomba eléctrica para manejar gasto de 750 gpm @ 175 psi, para trabajar a 220 y 460 v, trifásico, 60 Hz,
- Equipo Jockey acoplada a motor eléctrico para trabajar a 220 y 460 v, trifásico, 60 Hz,
- Tablero de control con display en español, arranque manual y automático.

b) Equipo Contra Incendios Diesel

- Equipo contra incendios Diesel para manejar gasto de 750 gpm @ 175 psi, acoplado a un motor de combustión interna,
- tablero de control display en español, doble cargador de batería, conector flexible, juego de baterías con cable
- tanque de almacenamiento de combustible.
- Válvulas y manómetros correspondientes. Cabezal de prueba, Todos los componentes deben tener certificación UL/FM.

c) Red de Espuma

- Tanque Bladder (Bladder Tank), preensamblado y con bomba de llenado, capacidad de almacenamiento de espumógeno 300 gal, presión de trabajo mínima 175 psi, vejiga de hule reforzado con nylon, compatible con el agente espumógeno. Configuración horizontal, listado por UL.
- Cámara de espuma tipo A.C., B, MCS 9, de acero al carbono, deflector tipo split, brida plana Φ 3", rango de operación 144 - 598 l (38 - 158 gpm), @ 30 - 100 psi.
- Agente formador de espuma AFFF al 3 %

d) Red de hidrantes

- Hidrante, toma curva con brida de Φ 4", una toma de 4 1/2" y dos de Φ 2 1/2".
- Poste vertical indicador ajustable.
- Gabinete porta mangueras, con capacidad para dos tramos de mangueras de 30 m con sus respectivas boquillas y la llave de operación del hidrante
- Boquilla para manguera Φ 2 1/2", a 250 gpm, construcción de bronce, cierre manual de manivela o giro, asiento de teflón-neopreno con balance hidráulico,

acabado de bronce satinado, patrón de flujo de chorro y neblina, rosca compatible con item anterior.

e) Tanques de Agua

- Cuatro (4) tanques de agua de capacidad 26000 galones cada uno.

Estos sistemas al momento se encuentran deshabilitados debidos a que no abastece la presión del caudal, no se tiene energía para funcionamiento de la bomba eléctrica y paneles, además el incumplimiento con los términos de contrato en la instalación, por lo que el SCI en la actualidad esta deshabilitado.

5. RESULTADOS

5.1 Análisis de Riesgos

De la evaluación de riesgos aplicada a la central térmica Sacha por el método de riesgo intrínseco (calculadora INSHT), método Probit (vulnerabilidad a explosiones) y método Meseri, se determinó los niveles de riesgo:

Nivel de Riesgo Intrínseco

EVALUACION DE CARGA TERMICA

NRI

Tabla N°7. Nivel de Riesgo Intrínseco

		q (MJ/m ²)	NRI	Categoría
1	Tanques de Almacenamiento	1042999,83		
2	Subestación	960	0 a 2	Alto
3	Control Room - ETU	940	4,1 a 6	Medio
4	Transformadores	5017,53	6,1 a 8	Bajo
5	HTU - MDU	0		

Fuente: Anexo I

Elaborado por: Carla Prócel

Método Probit a Explosiones

VULNERABILIDAD A EXPLOSIONES MOTORES

Tabla N°8. Vulnerabilidad a explosiones Motores

	HFO	LFO
Muerte por lesiones pulmonares	100%	100%
Rotura de tímpano	100%	100%
Muerte por impacto del cuerpo	100%	80%
Lesiones por impacto del cuerpo	100%	100%

Fuente: Anexo II

Elaborado por: Carla Prócel

VULNERABILIDAD A EXPLOSIONES HTU

Tabla N°9. Vulnerabilidad a explosiones HTU

	HFO IN	LFO OUT
Muerte por lesiones pulmonares	69%	82%
Rotura de tímpano	99%	100%
Muerte por impacto del cuerpo	Poco Probable	Poco Probable
Lesiones por impacto del cuerpo	2%	3%

Fuente: Anexo II

Elaborado por: Carla Prócel

VULNERABILIDAD A EXPLOSIONES CALDERAS

Tabla N°10. Vulnerabilidad a explosiones Calderas

	Succión Bomba de Circulación	Descarga bomba circulación
Muerte por lesiones pulmonares	100%	100%
Rotura de tímpano	100%	100%
Muerte por impacto del cuerpo	98%	100%
Lesiones por impacto del cuerpo	100%	100%

Fuente: Anexo II

Elaborado por: Carla Prócel

VULNERABILIDAD A EXPLOSIONES COMPRESORES

Tabla N°11. Vulnerabilidad a explosiones Compresores

	Presión de Aire en Tanque	Presión de aire en la línea
Muerte por lesiones pulmonares	100%	100%
Rotura de tímpano	100%	100%
Muerte por impacto del cuerpo	100%	95%
Lesiones por impacto del cuerpo	100%	100%

Fuente: Anexo II

Elaborado por: Carla Prócel

VULNERABILIDAD A EXPLOSIONES ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES

Tabla N°12. Vulnerabilidad a explosiones Almacenamiento de Combustibles HFO

	Succión Bomba descarga HFO	Descarga bomba trasferencia HFO
Muerte por lesiones pulmonares	Poca Probabilidad	100%
Rotura de tímpano	7%	100%
Muerte por impacto del cuerpo	Poca Probabilidad	14%
Lesiones por impacto del cuerpo	Poca Probabilidad	99%

Fuente: Anexo II

Elaborado por: Carla Prócel

**VULNERABILIDAD A EXPLOSIONES ALMACENAMIENTO DE
COMBUSTIBLES**

Tabla N°13. Vulnerabilidad a explosiones Almacenamiento de Combustibles LFO

	Succión Bomba descarga Diesel	Descarga bomba trasferencia Diesel
Muerte por lesiones pulmonares	Poca Probabilidad	100%
Rotura de tímpano	7%	100%
Muerte por impacto del cuerpo	100%	95%
Lesiones por impacto del cuerpo	Poca Probabilidad	79%

Fuente: Anexo II

Elaborado por: Carla Prócel

Método Meseri

Para los edificios administrativos se aplicó la metodología Meseri.

Tabla N°14. Evaluación Método Meseri

1	Oficinas Administrativas	6,57	Valor de P	Categoría
4	Mantenimiento Talleres	6,30	0 a 2	Riesgo muy grave
6	Bodega de Insumos	4,29	2,1 a 4	Riesgo grave
11	Laboratorio Químico	6,45	4,1 a 6	Riesgo medio
			6,1 a 8	Riesgo leve
			8,1 a 10	Riesgo muy leve

Fuente: Anexo II

Elaborado por: Carla Prócel

5.2 Propuesta de intención de diseño del sistema contra incendio

Los sistemas contra incendios deben ajustarse al Reglamento de Prevención, Mitigación y Control Contra Incendios (Ecuador) vigente, las normas NFPA y a los criterios establecidos en sus códigos y normas y organismos regulatorios internacionales; esto garantizará un adecuado sistema de detección y extinción de incendios del área o equipo a proteger.

5.2.1 Sistema De Alarma y Señalización de Incendios

Según NFPA 850:6.7.1 (2010) "Los sistemas de detección y de supresión automática fija de incendios deberían equiparse con señales locales audibles y visuales con

anunciador en una instalación constantemente atendida, tal como el cuarto principal de control. Las alarmas audibles de incendio deberían distinguirse de otros sistemas de alarma de planta”.

En la planta se debe instalar lo siguiente:

1. Pulsadores manuales de alarma de incendio (ej: cajas o estaciones de grupos de botones) instalados en todos los edificios ocupados. Los dispositivos manuales de alarma de incendios deberían instalarse para peligros en patios remotos como los identificados por la evaluación de riesgos de incendio.
2. Alarma de incendio audible en la planta o sistemas de comunicación de voz, o ambos, para propósitos de evacuación del personal.
3. Comunicaciones de doble vía para la organización de emergencia de la planta durante las operaciones de emergencia.
4. Medios de notificación al cuerpo de bomberos.

La ubicación de los equipos se basa en las recomendaciones de NFPA 72, National Fire Alarm and Signaling Code.

5.2.1.1 Equipos de monitoreo y detección de incendios por zonas

La detección de cualquier conato de fuego en las instalaciones de la Central Térmica Sacha debe realizarse de manera rápida, eficaz y sin dar falsas señales. Complementario a los sistemas de detección, los sistemas de alarma audible deben advertir al personal que está produciéndose un conato de incendio para proceder a la verificación y/o evacuación de las personas.

Componentes del sistema

Los componentes del sistema de detección de incendios deberán detectar cualquier singularidad o condición anormal sin intervención humana, para dar una alerta o señal de inicio de los sistemas de extinción de incendios.

- **Controlador.-** La unidad de control o controlador recibe todas las señales enviadas por todos los detectores y botoneras; este registrará un evento y enviará una señal a los distintos dispositivos de alerta y actuación para su accionamiento.

El controlador, debe ser ideal para aplicaciones de mediano tamaño que permita recibir y enviar señales de hasta 255 dispositivos, con aprobación FM (Factory Mutual) y UL (Underwriters Laboratorios).

- **Detector de fuego.-** Es un componente encargado de verificar y controlador de forma permanente o a intervalos de tiempo un área especificada a fin de evaluar si existe la presencia de un incendio con características:
 - Rango de detección de 210 pie para fuego combustible
 - Procesamiento de señales para climas adversos
 - Auto libración y chequeo de integridad óptica
 - Aprobación FM, CSA, ULC VdS, ATEX y CE
 - Certificado SIL-2 y EN54-10
 - Registro de eventos
- **Detector de humo.-** Estos detectores deben analizar la atmósfera de un cuarto para verificar si existen partículas derivadas de una combustión.

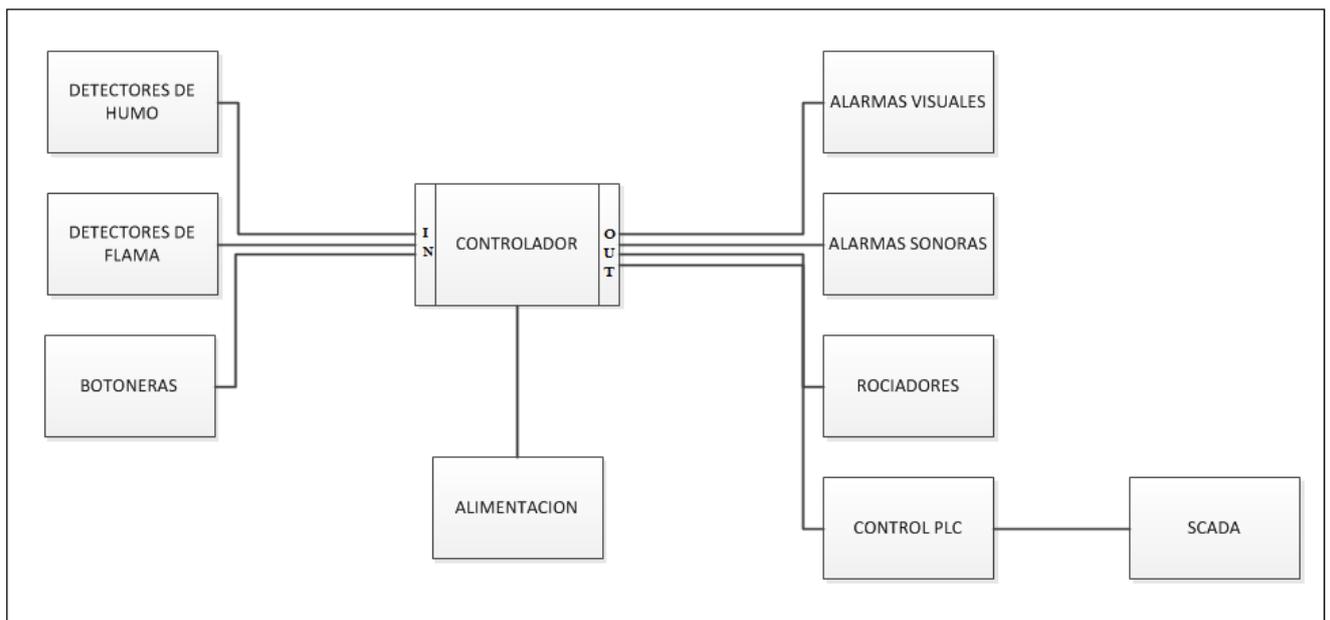
Disposición de Equipos

Los equipos que monitorearan y detectarán la presencia de un incendio están discriminados por la Central.

Todas las señales que se generan de estos equipos serán llevadas a un controlador, el cual enviará señales a las válvulas de diluvio para la supresión por agua en el área de MDU, ETU y Bodega y una señal para el cabezal de control del tanque de FM-200 para la descarga del agente en la Subestación y/o ETU's.

Diagrama de bloques de propuesta de diseño de sistema contra incendios.

Fig. 5. Diagrama de bloques de propuesta de diseño de sistema contra incendios.



Elaborado por: Carla Prócel

5.2.2 Análisis de riesgo y propuesta de diseño del sistema contra incendio de acuerdo a recomendaciones de plantas de generación eléctrica, NFPA 850.

5.2.2.1 Sistema de extinción ETU y Subestación. (electrical equipment building]

La NFPA 850:7.8.1.1 menciona que “los cuartos de control, computadores y telecomunicaciones deben reunir los requerimientos aplicables de NFPA 75, Standard for the Protection of Information Technology Equipment.”. En las Salas de ETU y Subestación Se debería instalarse un sistema de detección de humo a través de estos cuartos, bajo pisos salientes. Donde los combustibles son sólo cables en ductos porta cables y el espacio no es usado como un retorno pleno de aire, puede permitirse que los detectores de humo sean omitidos en esa área.

Se considera un sistema de rociadores de pre-acción o un sistema de extinción gaseosos (agente limpio) para áreas que contienen equipo de alto valor o que es crítico para la generación de energía.

Los sistemas de detección y alarma de incendios darán la alarma en el panel de incendios en esta área que será constantemente atendida.

Intención de diseño ETU y Subestación. (electrical equipment building]

Para la subestación (Shelter) y ETU se pretende diseñar un sistema de extinción con agente limpio HFC 227ea (Hetafluoropopano] FM-200 y adecuaciones locativas necesarias para dar hermeticidad a los cuartos donde se instalará la extinción.

La descarga del agente extintor se realiza mediante la activación de los detectores y/o estación manual de descarga, parte del sistema lo componen las estaciones de aborto, señales audiovisuales y cilindro con agente extintor HFC-227ea [Hetafluoropopano] y sus correspondientes tuberías de descarga con boquillas. Para el diseño los materiales y los equipos se seguirán las pautas establecidas en la norma NFPA 2001, Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems, 2012 Edition.

Componentes del Sistema De FM – 200

La selección de los componentes que tendrá el sistema de extinción de la subestación y unidades ETU se realiza en criterios establecidos en NFPA 2001, capítulo 2 y a los lineamientos de Kidde Fire Systems. Los componentes a escoger están aprobados UI/FM, siglas de Underwriters Laboratories Inc y Factory Mutual respectivamente. De acuerdo a esto, el sistema estará integrado por:

- Conjunto cilindro / válvula el que contiene el agente extintor
- Abrazaderas para montaje del cilindro
- Cabezal de control
- Mangueras de descarga
- Válvulas de retención
- Indicador de descarga
- Boquilla de descarga
- Botoneras de descarga manual
- Panel de control
- Tuberías y accesorios de distribución.

El FM 200 líquido comprimido se mantiene en el cilindro de descarga del agente limpio por medio de una válvula de descarga. Cuando se activa la válvula de descarga al recibir una señal de un panel de control y los detectores, el agente líquido comprimido se descarga a través de la salida de la válvula y se dirige, a través de las tuberías de distribución hacia las boquillas inundando en su totalidad el cuarto. Las boquillas proporcionan el caudal y distribución necesarios para extinguir el incendio. La figura 6 muestra el sistema FM 200.

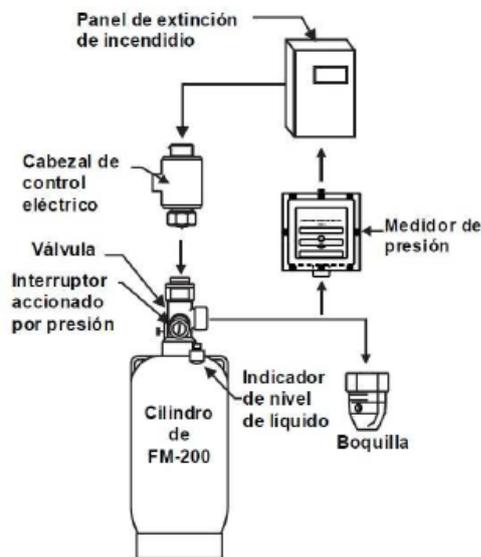


Fig. 6 Sistema FM 200

Conjunto cilindro válvula: El cilindro que contiene el FM 200 es de acero, en el caudal el agente esta en forma líquida, presurizado con nitrógeno a 360 psi. El conjunto cilindro válvula tiene un tapón de seguridad que impide la descarga accidental descontrolada.

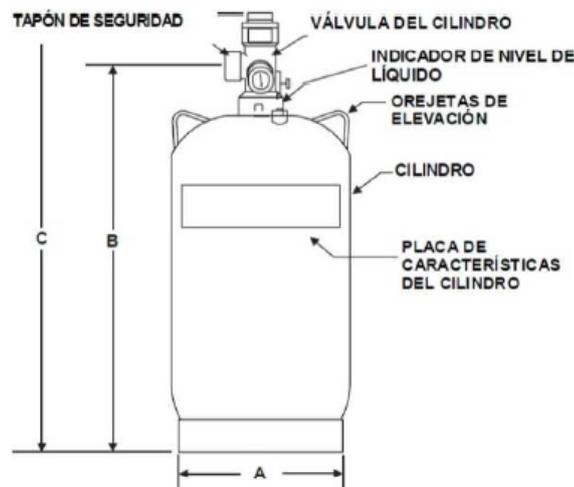


Fig. 7 Conjunto Cilindro Válvula

La ubicación de los cilindros será afuera de la subestación.

Cabezal De Control: El cabezal de control realiza la activación de la válvula del cilindro para la descarga del agente. Se selecciona el cabezal de tipo eléctrico, el cual recibe una señal del sistema de detección de la sección Sistemas de detección o de botonera de accionamiento manual. Además el cabezal de control dispone un accionamiento local con un apalanca manual para la descarga si un operador presencia el inicio del incendio. Se necesita dos cabezales de control del sistema, uno para el sistema principal y otro para el sistema de reserva.

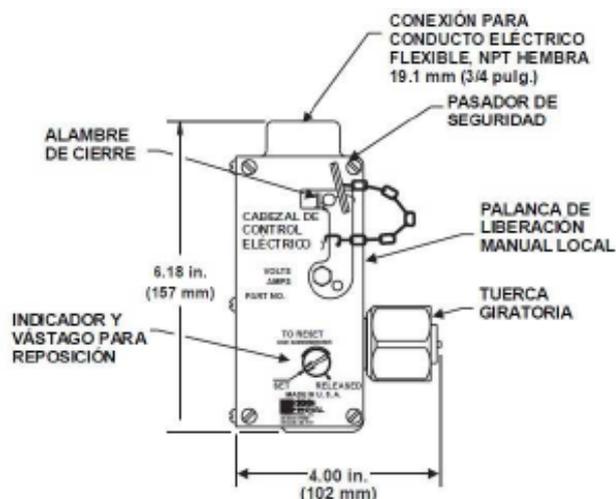


Fig. 8 Cabezal de Control Eléctrico

Manguera de descarga: La manguera de descarga conduce el agente desde los cilindros hacia las tuberías de descarga. Debido a la gran presión con la que se descarga el agente, existe vibración y movimiento de las tuberías, por lo que la característica principal de la manguera es su flexibilidad además de gran resistencia a la presión, con lo que la vibración será absorbida y atenuada por la manguera.

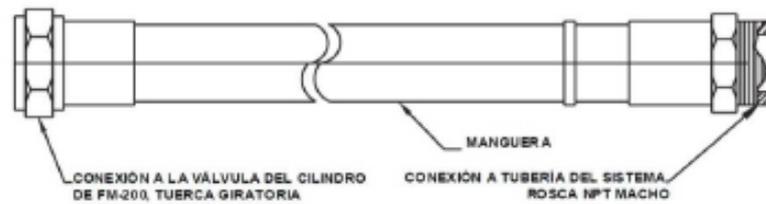


Fig. 9 Manguera flexible de descarga

Válvula de Retención: La válvula de retención o comúnmente llamada válvula check, evita el retorno del agente durante la descarga y evita la activación del sistema de reserva cuando se descargue el principal. Cada cilindro, sea principal o de reserva tendrá una válvula de retención posterior a la manguera flexible.

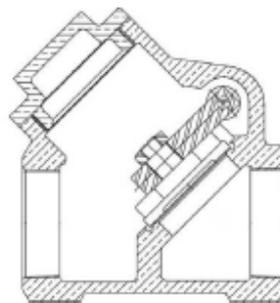


Fig. 10 válvulas de retención tipo swing

Interruptor: El interruptor funciona con la presión del sistema a la descarga, dando una señal para energizar o desenergizar equipos o instrumentos que funcionan con electricidad. En este caso, el interruptor dará la señal de parada del sistema de ventilación.

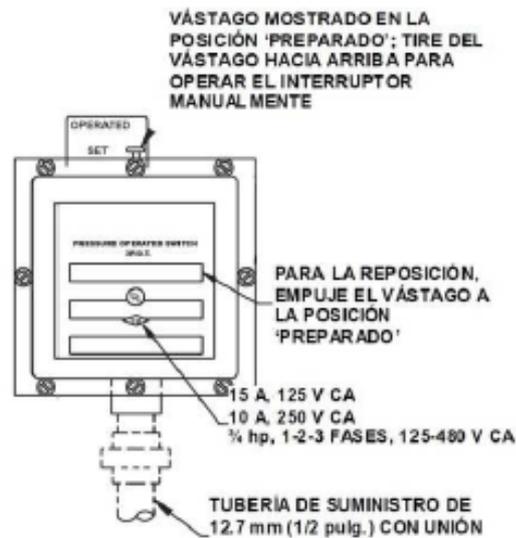


Fig. 11 Interruptor accionado por presión.

Boquilla de Descarga: Las boquillas descargan el agente en el sitio a proteger, cumpliendo la saturación de dicha zona y alcanzando la concentración deseada para extinguir el fuego.

Tubería de Descarga: Las tuberías del sistema deben ser incombustibles y con características de resistencia bajo el esfuerzo ala que van a ser sometidas, NFPA 2001, 2-2. El manual Kidde Fire Systems recomienda el uso de tuberías de acero ASTM A-53 o A-106 Gr. B con o sin soldadura.

5.2.2.2 Bodega de Materiales

NFPA 850, 9.3.3 (2010) menciona, que deben proveerse rociadores automáticos para las bodegas que contengan materiales combustibles que son críticos para la generación de energía o que constituyan una exposición de incendios.

El área de bodegas de materiales será protegida de un conato de incendio por agua, para la supresión de área se utiliza un sistema de diluvio con rociadores abiertos (NFPA 13), que deberán estar conectadas al controlador general del sistema.

Número estimado de rociadores para el área de 4.

5.2.2.3 HTU (Tratamiento de Combustible)

La FM 7-32: 2.1.8.1 menciona que se deben proveer rociadores en todas las áreas de proceso y transferencia de líquidos inflamables, extendiéndose esta protección a 6m [20ft] más allá del área del dique de contención.

Tipo de riesgo: Se tiene bombas de procesos con líquidos combustibles internamente al edificio dedicado al tratamiento de combustible.

Se debe proporcionar un cubrimiento máximo por rociador de 9m^2 (100 ft²) para líquidos con punto de inflamación menor de 93°C (200°F) y de 12m^2 (130 ft²) para líquidos con punto de inflamación mayor de 93°C (200°F). FM 7-32: 2.1.8.4.

Número estimado de rociadores para el área de 3.

5.2.2.4 MDU (Motores)

Los mayores peligros asociados con las Unidades de Combustión Interna según NFPA850: 8.5.1.3 son los siguientes:

1. Combustibles inflamables y combustibles.
2. Aceites hidráulicos y lubricantes.
3. Equipo eléctrico y de control
4. Medio Filtrante
5. Aislamiento de combustible del encerramiento
6. Explosiones internas en CTs
7. Explosiones del carter del cigüeñal en MCIs

Los rociadores y boquillas de pulverización de agua no se deben apuntar a los componentes del motor que son susceptibles a choque o deformación térmica.

Los sistemas de protección de rociadores automáticos para la tubería de aceite expuesta y áreas bajo el piso de las unidades de combustión interna donde pueden depositarse las fugas de aceite deben diseñarse para una densidad de 0.30 gpm/pie² (12.2 mm/min) sobre un área de aplicación mínima de 5000 pies² (464m²).

Recomendación NFPA 850: 8.5.4.1.2 y 7.7.4.1.1

Las válvulas de combustible deberían disponerse para que cierren automáticamente por el flujo de agua. Recomendación NFPA 850: 8.5.4.1.2

Los sistemas de ventilación mecánica, cuando se proveen, deben disponerse para pararse cuando se activa el sistema de detección de incendios dentro del recinto del motor. NFPA 11.3.4.

Número estimado de rociadores para el área de 3.

Componentes Del Sistema De Extinción Con Agua por Rociadores

Válvula De Diluvio: Las válvulas de diluvio se deben instalar de acuerdo a la dirección del flujo que se indica en el cuerpo de la válvula. El diámetro de la válvula y tipo de conexión deberá estar de acuerdo al tipo y cédula de la tubería. El trim (instrumentación y accesorios) de la válvula se selecciona del tipo eléctrico, en el cual una válvula solenoide de una señal de apertura para un accionamiento automático a través de los detectores.

Estas válvulas debe ser certificadas UL/FM, además de poseer un diafragma flexible no guiado que cumple las veces de actuador y elemento sellante directo sobre el

cuerpo de la válvula. La válvula usará presión existente de la de contraincendios como fuente de energía para abrir y cerrar. Es necesario que la válvula pueda ser actuada tanto local como remotamente.

El sistema de accionamiento y las válvulas de diluvio se encontraran afuera de la bodega para permitir el drenaje de las líneas.

Rociadores: Los rociadores deben cumplir con el modelo, tipo y diámetro del orificio especificados por diseño, considerando su orientación y la distancia entre estos. Se debe también considerar la altura por encima de la estanterías que van a estar los rociadores y el área de cobertura que protege cada rociador, el ángulo de apertura de cada rociador es 90°, con esto se obtiene una superposición adecuada de las coberturas.

Tuberías: Las tuberías de la red serán de acero ASTM A-53 Gr. B cumpliendo con las especificaciones de la NFPA 13, edición 2013. El color de la pintura será rojo según INEN 439.

Soportes: La premisa general que se establece en la NFPA 13, edición 2013 es que los soportes deberán estar diseñados para soportar 5 veces el peso de la tubería llena de agua más 250 lib, en cada punto de la tubería. Además, los soportes en su totalidad deben estar hechos de material ferroso y soportado en la estructura del edificio.

5.2.2.5 Zona de Descarga de Combustible [Unload Station]

Este recinto es pequeño y puede ser protegido con una lanza de espuma. Se recomienda para su protección el uso de un Monitor de doble propósito agua espuma con tambor portátil de agente espumante [AFFF].

Propuesta de diseño zona de descarga de combustible

Se proyecta un monitor con boquilla Hidrofoam con capacidad de 350 gpm, la boquilla debe ser conectada a un tambor de 55 galones de concentrado de espuma AFFF con proporción del 3%. (Figura 26)

5.2.2.6 Suministro de Agua y Espuma

El suministro de agua para la instalación de protección contra incendios permanente debería basarse en la provisión de un suministro de 2 horas para la mayor demanda del sistema fijo de supresión de Incendios o para la demanda de chorros de manguera, así como la cantidad de espuma necesaria.

Cantidad de Espuma: Se sugiere usar agentes espumantes AFFF dada su alta compatibilidad con el acero negro, su larga vida útil (20 a 25 años comparada con la fluoroproteínica de 10 años). Los agentes basados en proteínas no están recomendados para su uso en tuberías de acero negro dado su alto índice de corrosión y contenidos de sólidos [Boletín Técnico N° 59 de ANSUL].

Ve = 260 galones de espuma (Anexo)

Determinación de La Capacidad del Tanque Proporcionador de Espuma: Se deberá contar con un tanque que almacene al menos 260 galones de espuma, requerimiento mínimo de un proporcionador de espuma modelo 3"RCT impulsado por una bomba de 25 GPM a 150PSI con motor eléctrico de 5hp.

Determinación del formador de espuma (QAE): La alternativa es emplear 2 foam makers del modelo PHB-20A fijo con una capacidad de 200 gpm cada uno, con una presión de entrada de 150 psi.

Volumen de agua para la formación de solución agua espuma (VA)

$V_a = 8401$ galones de agua.

Calculo de agua para el sistema de enfriamiento

$Q_{tk} = 2000$ gpm

Capacidad del tanque de almacenamiento de agua

Total mínimo H₂O = 248401 galones

5.2.3 Bombas de Incendio

Donde la evaluación del riesgo requiere múltiples bombas de incendio, no deberían estar sujetas a una falla común, eléctrica o mecánica, y serán de capacidad suficiente para reunir los requerimientos de flujo de incendios con la bomba más grande fuera de servicio. NFPA850 6.2.5.1

La reposición del agua contra incendio para la capacidad de suministro de dos horas para los requerimientos de protección de incendios en un período de 8 horas. Puede permitirse la extensión del requerimiento de 8 horas (tiempo) para llenado si el suministro inicial excede los requerimientos mínimos de almacenaje sobre una base de relación volumen por tiempo.

5.2.3.1 Determinación de la bomba contra incendios.

De acuerdo a los datos obtenidos, se recomienda una bomba con un caudal nominal de 2000 gpm. Esta bomba debe ser capaz de entregar hasta 150% de su capacidad nominal (NFPA 20: 5.8.1). La presión nominal es de 150 psi.

Donde la evaluación del riesgo requiere múltiples bombas de incendio no deberían estar sujetas a una falla común, eléctrica o mecánica, y serán de capacidad suficiente para reunir los requerimientos de flujo de incendios con la bomba más grande fuera de servicio. NFPA850 6.2.5.1

Por tanto, se proyectan bombas impulsadas con motores diesel principal y eléctrico. Esta decisión está fundamentada en la posible falla y/o mantenimiento de una bomba dejando las instalaciones vulnerables a la seguridad de incendios y de esta forma seguir con la continuidad de la generación.

- La capacidad mínima del tanque de combustible deberá ser suficiente para garantizar un funcionamiento continuo de seis (6) horas, en condiciones de máxima potencia.
- Los motores eléctricos de bombas contra incendio, deberán conectarse al sistema eléctrico de emergencia de la instalación, siempre que sea factible. En todo caso, los cables eléctricos de alimentación al motor deberán estar protegidos de posibles puntos de incendio u otros daños y el circuito de alimentación debe ser independiente del sistema eléctrico general de la instalación.

Además se deberá utilizar una bomba jockey la cual mantiene presurizada la línea por las fugas normales existentes en el sistema.

Componentes del Sistema

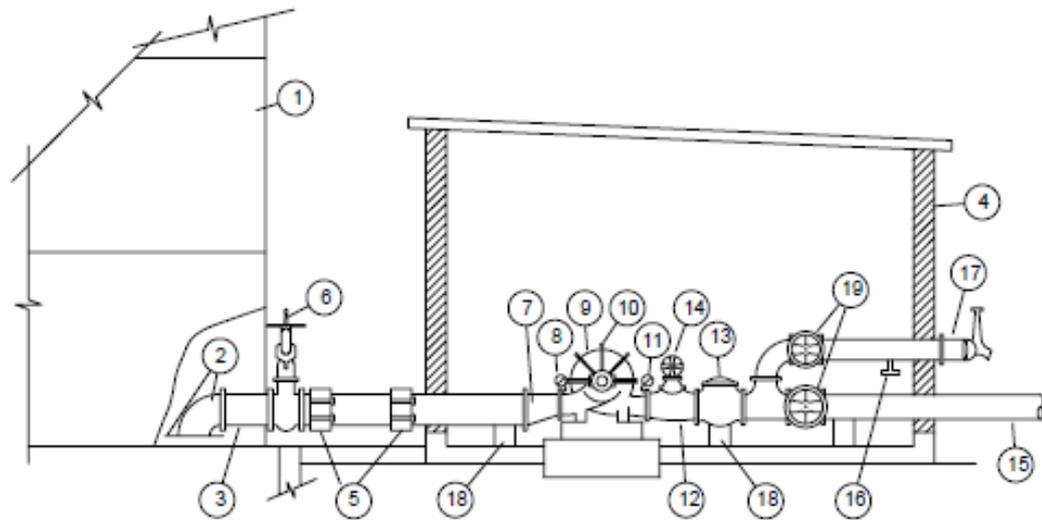
El sistema de bombeo deberá contener los siguientes elementos, de acuerdo a los requerimientos del Código NFPA 20:

- a. Bombas contra incendio con sus motores de accionamiento.

- b. Manómetros ubicados en la succión y descarga de cada bomba.
- c. Válvula de alivio de recirculación.
- d. Equipos auxiliares tales como: iluminación, luces de emergencia, cerca de protección, extintores portátiles de incendios, protección contra actos de sabotaje y vandalismo.
- e. Tuberías de succión, descarga y accesorios.
- f. Válvula de alivio.
- g. Dispositivos de medición de flujo para prueba de las bombas, con capacidad para medir un flujo de agua no menor del ciento setenta y cinco por ciento (175%) de la capacidad nominal de la bomba contra incendio. Estos dispositivos a ser instalados en la línea de prueba, podrán tener carácter portátil, asegurándose que dicha línea tenga las previsiones para su instalación y operación.
- h. Cuando las bombas estén dentro de una caseta, ésta deberá ser de material no combustible y el piso deberá tener la pendiente necesaria para alejar cualquier derrame de la base de la bomba. El tanque de combustible diesel, se deberá ubicar preferiblemente fuera de la caseta.

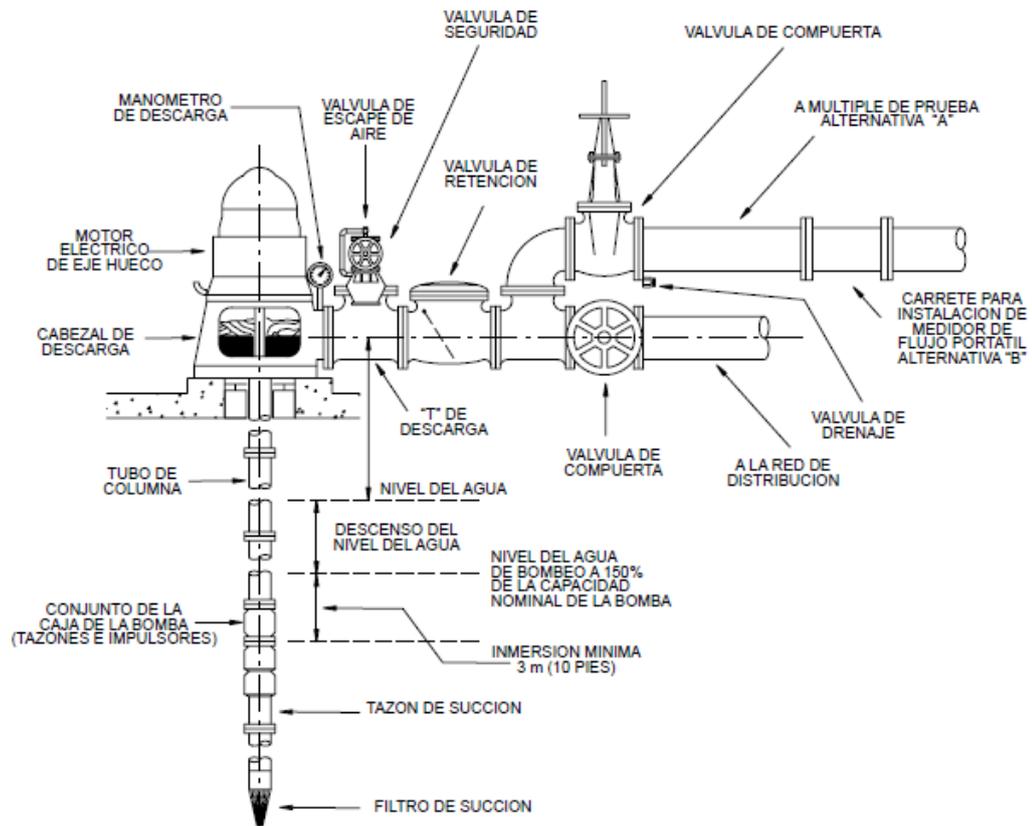
En las Figuras 12 y 13, se muestran los componentes para bombas centrífugas horizontal y vertical, respectivamente.

Fig. 12. Bomba horizontal con succión positiva



- | | |
|---|--|
| 1. Tanque de succión sobre la superficie | 10. Des aireador automático |
| 2. Codo de entrada y placa vortex con un diámetro de dos (2) veces el diámetro del codo de succión, colocada por encima del fondo del tanque a una altura igual a medio diámetro de la tubería de succión, con un mínimo de 152 mm (6 pulg) | 11. Manómetro de descarga |
| 3. Tubería de succión | 12. "t" reductora |
| 4. Caseta de bombas | 13. Válvula de retención |
| 5. Acoples flexibles | 14. Válvula de alivio |
| 6. Válvula de compuerta (tipo o.s. & y.) | 15. Tubería de descarga |
| 7. Reducción excéntrica | 16. Válvula de drenaje |
| 8. Manómetro de succión | 17. Múltiple de prueba (mangueras o medidor) |
| 9. Bomba horizontal de carcasa partida | 18. Soportes de tubería |
| | 19. Válvulas de bloqueo de compuerta (o.s. & y.) |

Fig.13. Bomba centrífuga vertical accionada por motor eléctrico



5.2.3.2 Sistemas de Arranque

Arranque Automático: El arranque automático de bombas contra incendio, será iniciado por una señal de alarma de incendio, o por baja presión en el sistema de agua contra incendio. En ocasiones excepcionales, el arranque automático de las bombas se podrá realizar por aumento del caudal, en lugar de arranque por caída de presión en el sistema de distribución, tal como se indica en los siguientes casos:

- a) Cuando la apertura de un número reducido de monitores, hidrantes o rociadores, no haga caer la presión del sistema lo suficiente como para activar el interruptor de presión.
- b) Cuando el sistema de presurización consiste en una interconexión a un sistema de agua de enfriamiento.

- c) Cuando se producen frecuentes fluctuaciones en la presión estática del sistema, de tal manera que no es posible obtener una presión estática estable.

Las accionadas por motor eléctrico serán las primeras en la secuencia del arranque automático.

Arranque Manual Remoto: Todas las bombas contra incendio accionadas por motor eléctrico, deberán estar provistas de un arranque manual remoto ubicado preferiblemente en la Sala de Control.

Arranque Manual Local: Usualmente el arranque manual consiste en un arrancador ubicado al lado de la bomba. Todas las bombas contra incendio, deberán estar provistas de este arranque manual local.

Parada de las Bombas Contra Incendio: La parada de todas las bombas contra incendio se realizará en forma manual local. Excepcionalmente, se permitirá la parada manual remota desde la Sala de Control (control room).

5.2.4 Red de Distribución

En el diseño de redes de distribución deberán observarse los siguientes requerimientos:

- a) El dimensionamiento de la red principal de tuberías será el resultado del cálculo hidráulico correspondiente, considerando como caudal de diseño el requerido en la sección o bloque con mayor demanda de una instalación.

En el cálculo hidráulico, normalmente se utiliza una combinación de los métodos de Hardy–Cross y Hazen–Williams, con $C = 100$ para tuberías de acero al carbono y $C = 140$ para tuberías revestidas internamente con concreto.

- b) La velocidad del agua en las tuberías principales de la red de distribución, no será mayor de 3 m/s (10 pies/s).
- c) Las tuberías principales de la red no serán de diámetro inferior a 200 milímetros (8 pulgadas), en aquellos casos en que el caudal de diseño sea superior a 227 m³/h (1000 gpm). Para caudales inferiores o iguales a 227 m³/h (1.000 gpm), las tuberías principales de la red no podrán ser de un diámetro inferior a 150 milímetros (6 pulgadas).
- d) Las tuberías principales de la red de agua contra incendios, se tendrán a nivel del terreno, convenientemente soportado y anclado de acuerdo a normas y práctico aprobados de ingeniería. Las tuberías principales se enterrarán únicamente en puntos críticos, tales como cruces con carreteras o vías de acceso. Cuando se determine que las tuberías y/o ramales interiores pueden estar sometidos a daños por incendio/explosión, serán enterrados o protegidos adecuadamente.
- e) La máxima presión de trabajo admisible en cualquier punto de la red, así como la máxima presión generada por golpes de ariete, no deberán ser mayor que la máxima presión permitida por el ANSI clase 150.
- f) Las tuberías serán de acero al carbono, según ASTM A–53 Gr. B, ASTM A–106 Gr. B o API–5L Gr. B., Sch. 40 como mínimo para tuberías mayor o igual a 3” de diámetro, y Sch. 80 como mínimo para menores de 3”.

- g) Se deberá prestar especial atención a la protección del sistema de tuberías frente a la corrosión, tanto interna como externa, particularmente en tramos enterrados, o cuando se instalen en ambientes corrosivos.
- h) No se instalarán conexiones permanentes a la red de agua contra incendio, para usos diferentes al de combate de incendios.
- i) En la red de agua contra incendio, se instalará el número suficiente de válvulas de seccionamiento estratégicamente ubicadas, de manera tal que puedan aislarse los diversos tramos en cada lazo de la red, para reparaciones y/o realización de trabajos de ampliación y mantenimiento. Se instalarán estas válvulas en las intersecciones y en puntos intermedios de lazos muy extensos.

La ubicación de las válvulas seccionadoras, se establecerá en función de los siguientes criterios:

- a) En red principal no se utilizarán tuberías de longitudes mayores de 300 metros (1.000 pies) a las que se conecten monitores, hidrantes, sistemas de rociadores y/o sistemas de agua pulverizada, sin válvulas de seccionamiento.
- b) Ningún bloque o sección de la instalación, podrá quedar sin protección del sistema de agua contra incendio, por más de dos (2) lados adyacentes.
- c) Los ramales de tuberías que contengan dos (2) o más monitores, hidrantes, o sistemas de rociadores y/o agua pulverizada, deberán conectarse a dos (2) lados diferentes del lazo principal de la red de agua contra incendio, previéndose la instalación de válvulas seccionadoras en los extremos.

Las válvulas de seccionamiento serán del tipo Vástago Ascendente (OS &Y), de manera tal que sean fácilmente identificables en su posición abierta o cerrada.

En aquellos casos especiales donde sea estrictamente necesario instalar

válvulas de seccionamiento bajo el nivel del terreno, éstas se alojarán en tanquillas y deberán dotarse de poste indicador.

- d) La red de distribución deberá disponer de una cantidad suficiente de venteos y drenajes en los puntos altos y bajos, respectivamente. Estas conexiones se mantendrán normalmente cerradas, con tapones roscados o bridas ciegas.
- e) En la red de agua contra incendio, deberán instalarse manómetros ubicados en sitios estratégicos, con el fin de facilitar en cualquier momento la rápida comprobación de la presión en el sistema.
- f) En edificios, laboratorios, talleres, depósitos y almacenes, el tendido de la red de agua contra incendio, deberá tener una ruta diferente a las tuberías de servicio, tales como vapor y gas.
- g) Las tuberías de la red de agua contra incendio se pintarán de color rojo, de acuerdo a lo especificado en el documento INEN 439.

5.2.5 Supervisión de Válvulas

Todas las válvulas de control del sistema de suministro de agua de incendios deberían estar bajo un programa periódico de inspecciones supervisado por uno de los métodos siguientes:

- a) Supervisión eléctrica con señales audibles y visuales en el cuarto de control principal u otra instalación constantemente atendida.
- b) Aseguramiento de válvulas en posición abierta. Las llaves deberían estar disponibles solo para personal autorizado.
- c) Sellado de válvulas en posición abierta. Esta opción debería seguirse solo cuando las válvulas están dentro de vallas cerradas bajo el control del propietario de la propiedad

5.2.6 Red de Hidrantes

La tubería principal de suministro e hidrantes de incendio exteriores deben instalarse en la planta. (NFPA 24, Standard for the installation of Private Fire Services Mains and Their Appurtenances) El espaciamiento de hidrantes en las áreas principales de planta debería tener un máximo de 300 pies (91.4 m). El espaciamiento de hidrantes en áreas remotas debería tener un máximo de 500 pies (152.5 m). NFPA 6.4.1.1

Las boquillas de Mangueras que tengan capacidad de cierre y estén listadas para uso en equipo eléctrico deberían proveerse en las mangueras ubicadas en áreas cercanas a equipo eléctrico energizado.

5.2.6.1 Hidrantes Industriales

El número de hidrantes a instalarse, dependerá del requerimiento de agua establecido para cada sección de la instalación. En aquellos casos donde se halla decidido la instalación de algún otro sistema de protección diferente a hidrantes, se deberá considerar además la instalación de estos últimos como sistema de protección de respaldo. Puede suponerse que de un hidrante exterior típico se obtendrá un flujo de 42 m³/h (185 gpm) por cada boca de descarga, a una presión de 7 kg/cm² (100 lbs/pulg²). Por razones de seguridad en el uso de mangueras la presión de descarga del hidrante no debe ser mayor de 7 kg/cm² (100 lbs/pulg²).

Los hidrantes en ramales interiores, deberán poseer como mínimo dos (2) descargas de 63,5 milímetros (2,5 pulgadas) de diámetro.

Los hidrantes de la red principal, estarán dotados como mínimo con cuatro (4) descargas de 63,5 milímetros (2,5 pulgadas) de diámetro. Las conexiones para

ambos tipos de hidrantes serán NST o NHT. En aquellas instalaciones existentes que posean otro tipo de conexión, deberá garantizarse la disponibilidad de conexiones que sean compatibles con las aquí especificadas, en todos los camiones de bomberos.

5.2.6.2 Monitores

El número de monitores a instalarse dependerá del requerimiento de agua establecido para cada sección de la instalación. En aquellos casos en donde se haya decidido la instalación de algún otro sistema de protección diferente a monitores se deberá considerar además la instalación de monitores como sistema de protección de respaldo. Los monitores estarán dotados con boquillas del tipo chorro-niebla, con capacidad mínima de 113 m³/h (500 gpm) a una presión de 7 kg/cm² (100 lbs/pulg²). En la ubicación de estos dispositivos, deberá tomarse en cuenta el alcance del chorro de descarga a la presión de entrada, la velocidad y dirección del viento.

5.2.7 Protección con Mangueras

Estos dispositivos se instalarán en el interior de áreas de proceso, donde no alcanza la protección de monitores. En particular, se deberán instalar para la protección de equipos tales como: baterías de bombas, intercambiadores y compresores.

La ubicación de los carretes se realizará preferentemente cerca de pasillos y/o vías de escape.

Se ofrece una protección adicional mediante la implementación de mangueras conectadas a las tuberías de distribución del sistema de espuma, por lo que para saber el número requerido de mangueras y la duración mínima de descarga.

Las mangueras deben descargar como mínimo 50 GPM (189 lit/min).

- a) Manguera de 15 ó 30 metros de largo y 1,5 pulgadas de diámetro. La manguera debe ser del tipo no colapsable, de forma que permita la salida del chorro de agua aun estando completamente enrollada. El material de la manguera será neopreno u otro material aprobado, y la presión mínima de diseño de 18 kg/cm² (250 lbs/pulg²).
- b) El pitón de la manguera será del tipo combinación chorro–niebla y con válvula de cierre hermético. El material será de bronce.
- c) Una válvula de bronce no menor de 2 pulgadas en la conexión del carrete a la red de agua contra incendio

Gabinetes de Mangueras

Consisten fundamentalmente en un gabinete, o cajetín metálico adosado a las paredes, dotado de un porta–mangueras y puerta de vidrio. El marco interior deberá estar a una altura del piso entre 0,8 y 1 metro. La manguera de 15 a 30 metros de longitud, 37,5 mm (1,5 pulgadas) de diámetro, deberá estar permanentemente conectada a la toma de agua y dispondrá de un pitón del tipo de combinación chorro–niebla con válvula de cierre hermético. El pitón podrá ser cromado o de bronce.

Los gabinetes de mangueras podrán contener también un extintor portátil y se ubicarán en vestíbulos, o pasillos, asegurándose que no constituyan un obstáculo a las vías de escape.

5.3 Selección de Materiales y Accesorios

La selección de materiales y accesorios: como son tuberías, codos, te, reducciones, válvulas, bridas, etc.; que se emplearan en la construcción del Sistema Contra Incendio para una Central Térmica, se debe realizar en base a normas establecidas para garantizar su calidad, durabilidad y condiciones de trabajos.

Tuberías de acero al carbono soldadas y sin costuras, que cumplen con la norma ASTM A795, así como tuberías de acero al carbono soldadas y sin costuras, que cumplen con la norma ASTM A53. Las uniones soldadas deberán cumplir a la norma AWS D109.

Las uniones roscadas utilizadas para diámetros menores de 3", cumplen con las normas ANSI/ASME B1. 201. Para la construcción del sistema se usarán uniones VICTAULIC normalizadas por la ULFM.

Las válvulas de compuertas, mariposas, cheques, angulares; deberán estar normadas por la ULFM.

6. DISCUSIÓN / ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Consideraciones Generales

La modernización de industrias y procesos continúa en la senda de la expansión y cambios, los nuevos procesos y productos traen consigo nuevos riesgos y con ellos la probabilidad de ocurrencia de incendios de incendio y consecuencias de pérdidas, que pueden comprometer daños a la propiedad, paralizaciones de actividades, seguridad de vida, daños medioambientales, daños a la imagen corporativa y futura rentabilidad, y pueden llegar a presentar una amenaza mayor a los objetivos empresariales.

El cálculo de sistemas contra incendios es un elemento fundamental para la protección física de las instalaciones, para lograr la efectividad que se espera en caso de ocurrir un accidente, los incendios son fuente generadora de cuantiosos daños materiales y los riesgos en su funcionalidad los convierten en puntos altamente vulnerables.

Análisis Sistema Contra Incendios Actual – Propuesta de Diseño Contra Incendios

El Sistema contra incendios actual de la Central Térmica Sacha, se encuentra deshabilitado debido ya que resulta ineficiente en cuanto a su diseño propuesto en la ejecución del proyecto, actualmente el sistema de protección contra incendios de la central son extintores colocados en puntos estratégicos para de alguna manera ofrecer protección primaria en caso de detectar un conato.

Con el análisis de riesgo y aplicación de normativas realizado, según los criterios de normas nacionales e internacionales, el grupo de bombas, eléctrica y diesel resultan

ineficiente para el gasto en gpm que necesita el sistema para ofrecer la protección en caso de suscitarse un incendio, así como resulta ineficiente los hidrantes en las áreas circundantes a los tanques de almacenamiento ya que no están habilitados y no ofrecen una respuesta rápida en caso de una emergencia.

El desarrollo de un sistema de detección y extinción para el área de subestación y unidades ETU resulta importante en el objeto de esta propuesta, esta área tiene grandes grupos eléctricos y electrónicos; así como, la protección de materiales de bodega, del área de recepción de combustibles, HTU, MDU y tanques de almacenamiento. Cada una de estas áreas actualmente se encuentran protegidas por extintores portátiles, esta es la necesidad del desarrollo de una propuesta para optimizar las condiciones de protección contra incendios de la central, ya que no solo se pretende resguardar los recursos materiales sino el recurso más valioso de la empresa que son los trabajadores.

Valoración de Normas Nacionales e Internacionales

Normas Nacionales: La legislación Nacional tiene en Vigencia el Reglamento de Prevención, Mitigación y Control de Incendios, documento de referencia en prevención de incendios, este documento carece de criterios técnicos específicos para su aplicación en industrias termoeléctricas. Se tomó en consideración para esta propuestas de diseño la normativa de grandes empresas petroleras como EP PETROECUADOR que han desarrollado sus propias normas de seguridad, basados en regulaciones internacionales que aplican criterios de prevención de riesgos de incendios en industrias de alto riesgo.

Normas Internacionales: Diferentes países han desarrollado según sus necesidades normativa que se aplica a criterios técnicos para la protección de

incendios, a nivel mundial la más reconocida son las normas NFPA, las mismas que se utilizaron como prioridad en el desarrollo de esta propuesta, así también recomendaciones de la ASTM, ANSI y de industrias que han desarrollado sistemas propios como la Kidde Fire Protection.

La NFPA es reconocida alrededor del mundo como la fuente autoritativa principal de *conocimientos técnicos, datos, y consejos para el consumidor sobre la problemática del fuego y la protección y prevención.*

La actividad más importante de la NFPA, y por la que más se la conoce, es la redacción de normas y códigos contra incendio. Estos documentos normativos se han convertido en una de las referencias de mayor valor al momento de tomar decisiones sobre cómo proteger las vidas y los bienes de la acción del fuego.

Limitaciones de la Propuesta de Diseño

Aunque se trató de abordar en la propuesta de diseño todas las áreas de la central térmica, las limitaciones fueron dadas por el fabricante de los equipos, quienes pusieron condicionantes de garantía a los mismos, no se puede modificar la estructura física ni la arquitectura eléctrica de los equipos de control (Control Room, ETU, HTU, MDU, Transformadores) hasta el término de dos años de la garantía de los equipos.

Aporte de la Propuesta de Diseño

Las principales aportaciones de esta propuesta de diseño de un sistema de detección y protección de incendios para la Central Termoeléctrica Sacha son:

La consideración de medidas y partes constitutivas, que van desde el control de medidas contra el fuego, la prevención del inicio y propagación del fuego, un análisis de riesgos en este tipo de industrias, metodologías de supresión, equipos, partes que constituyen el sistema de protección contra incendios, así como sus aspectos organizativos y participación del personal, siendo todas estas medidas complementarias, ya que al faltar alguna de ella o no haber sido valorada adecuadamente se perdería la eficacia del sistema contra incendios luego de su posterior consideración al ser implantada la propuesta de diseño.

7. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la presente propuesta son las siguientes:

- El análisis de riesgo efectuado evidencia el nivel de riesgo de cada área de la central térmica, esta identificación ayudó a la aplicación de la normativa tanto nacional como internacional en el desarrollo de los criterios para el desarrollo de la propuesta del diseño del SCI.
- El análisis de riesgo por vulnerabilidad a explosiones develó que existe una gran probabilidad de muerte de los trabajadores al ocurrir una explosión.
- La propuesta de diseño contra incendios especifica los criterios en el ámbito técnico en materia de prevención de incendios para que pueda ser implantado en las instalaciones de la central térmica.
- El cumplimiento de implantación de un sistema contra incendios no es una alternativa en una industria de alto riesgo, es un medio de protección tanto para el recurso material como para el recurso humano y garantiza la optimización de recursos económicos.
- También es importante mencionar que las normas NFPA introduce en sus normas la ergonomía, lo cual siempre es bueno ya que busca hacer del área de trabajo un lugar mucho más cómodo y sencillo en el momento de actuar bajo la presión en una emergencia
- La aplicación de normas técnicas, brindó los criterios necesarios para el desarrollo de la propuesta del sistema de detección y protección acorde a las necesidades identificadas de cada área.

- Las nuevas tecnologías desarrolladas por empresas del área de prevención de incendios, ofrece variadas alternativas para la aplicación de sistemas contra incendios, es responsabilidad del técnico en prevención de riesgos estudiar el sistema adecuado para cada organización acorde a los riesgos.
- Se evidenció que el sistema contra incendios propuesto en el inicio del proyecto resulta insuficiente para la protección de los recursos de la central térmica, sus sistemas no abastecen las necesidades reales para la protección de las instalaciones.

8. RECOMENDACIONES

- *Las adquisiciones de los sistemas de protección contra incendios así como la ejecución del proyecto, deberán estar fiscalizado por un técnico especialista en sistemas de protección contra incendios para garantizar que este proyecto se ejecute bajo normas y estándares y ofrezca la protección requerida en una central térmica.*
- *Previo a la instalación del nuevo Sistema Contra Incendio, se debe realizar una revisión de todos los elementos que se decidan mantener o reutilizarlos de los actuales existentes.*
- *Gestionar la realización de un alcance a los términos de garantía de los equipos para que se implemente los sistemas de protección a cada una de las áreas de la central, puesto que todos los lugares de trabajo deben cumplir determinadas medidas de seguridad contra incendios para proteger a los trabajadores y visitantes así como a bienes materiales de la empresa.*
- *Para mantener la operabilidad del Sistema, se debe realizar el mantenimiento e inspecciones periódicos a toda la red, con el fin de identificar los elementos que pudieren afectar la eficaz respuesta ante un siniestro*

BIBLIOGRAFÍA

1. Cócera J.; Seguridad en las Instalaciones de Telecomunicaciones e informática.; Madrid: Paraninfo, 2004.
2. Contelles E.; Emergencias: Aplicaciones básicas para la elaboración de un manual de autoprotección; 2da. Ed.: Barcelona: Marcombo, 2001.
3. Cortés J.; Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales, 9na. Ed.; Madrid: Tebar; 2007.
4. Cortés J.; La Ley de Prevención de Riesgos Laborales y su Desarrollo reglamentario, 4ta. Ed.; Madrid: Tebar; 2006.
5. Duncan J.; Sistemas de Potencia: Análisis y Diseño. 3ra. Ed.; México: Cengage Learning; 2004.
6. *García J.; Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión;* Madrid: Paraninfo; 2007
7. García M.; Vulnerability Assessment of Physical Protection Systems; Estados Unidos: Elsevier; 2006.
8. Gormaz I.; Técnicas y Procesos en las instalaciones singulares en los edificios, 2da. Ed.; Madrid: Paraninfo; 2010.
9. González A.; Floría P.; González D.; Manual para el Técnico en Prevención de Riesgos Laborales, 5ta. Ed.; Madrid: Fundación Confetal; 2006.
10. Harper E.: Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas; 2da. Ed.; México: Limusa; 2005.
11. Kolluru R.; Bartell S.; Robin P.; Stricoff S.; Manual de Evaluación y Administración de Riesgos; México: McGraw-Hill; 1998.

12. Menéndez F.; Fernández F.; Llana F.; Vázquez L.; Rodríguez J.; Formación Superior en Prevención de Riesgos Laborales, 4ta. Ed.; Valladolid: Grafolex; Julio 2007.
13. Neira J.; Instalaciones de Protección Contra Incendios; Madrid: Fundación Confemetal; 2008
14. Quintela J.; Instalaciones Contra Incendios; Barcelona: UOC; 2008
15. Rubio J.; Métodos de evaluación de riesgos laborales; Madrid: Díaz de Santos; 2006.
16. Ruiz-Frutos C.; García A.; Declos J.; Benvavides F.; Salud Laboral; 3ra. Ed.; Barcelona: Masson; 2006.
17. Sanvicente E.; *Prevención, Protección y Lucha contra el Fuego.*; Madrid: Paraninfo; 1996.
18. Storch de Gracia J: Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras; Vol. 1. Madrid: McGraw-Hill, 1998.
19. Storch de Gracia J: Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras; Vol. 2. Madrid: McGraw-Hill, 1998.
20. Storch de Gracia J; García M.; Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas: fundamentos, evaluación de riesgos y diseño, 2da. Ed.; Madrid: Díaz de Santos, 2008.
21. Trujillo R.; Seguridad Industrial, 5ta. Ed.; Colombia: Kimpres; 2010.
22. Código Técnico de la edificación: CTE; Documento Básico SI Seguridad en caso de incendio; Madrid: Paraninfo; 1998.
23. Organización Marítima Internacional; Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios; 2da. Ed.: Londres: OMI; 2007.
24. Ferrada J., Ingeniería del Fuego (archivo Computadora), 2010

25. Ley de 19 de Abril de 1979, de Defensa Contra Incendios. (Registro Oficial 815).
26. Reglamento de 2 Abril de 2009, de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios (Registro Oficial 114).
27. PETROECUADOR; Norma PE-SHI-018 de 17 Enero de 1992 de Sistemas de Agua Contra Incendios Para Instalaciones Petroleras (Resolución No. 92010).
28. PETROECUADOR; Norma PE-SHI-019 de 17 Enero de 1992 de Sistema De Espuma Contra Incendios (Resolución No. 92009).
29. API 2030 -Guías para la Aplicación de Sistemas de Agua Pulverizada en la Industria Petrolera, Agosto 1998.
30. Guidelines for Facility Siting and Layout, Center for Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 2003, llamadas de aquí en adelante GFSL.
31. Kidde Fire Systems; Design, Installation, Operation and Maintenance Manual; Estados Unidos: Kidde Fire Systems; 2004
32. National Fire Protection Association; NFPA 11 de 5 de Diciembre de 2009 de Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión, Edición 2010.
33. National Fire Protection Association; NFPA 13 de 29 de Agosto de 2012 de Sistemas de Rociadores Automáticos, Edición 2010.
34. National Fire Protection Association; NFPA 15 de 31 de Agosto de 2011 de Sistemas Fijos de Agua Pulverizado para Protección contra Incendios, Edición 2012.
35. National Fire Protection Association; NFPA 16 de 3 de Enero de 2011 de Instalación de rociadores/Aspersores Agua-Espuma, Edición 2011.

36. National Fire Protection Association; NFPA 20 de 26 de Agosto de 2009 de Instalación de Bombas Estacionarias de Protección Contra Incendio, Edición 2010.
37. National Fire Protection Association; NFPA 24 de 15 de Junio de 2009 de Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios, Edición 2010.
38. National Fire Protection Association; NFPA 30 de 20 Junio de 2011 de Código de Líquidos Combustibles e Inflamables, Edición 2012.
39. National Fire Protection Association; NFPA 70 de 25 de Agosto de 2010 de National Electrical Code, Edición 2011.
40. National Fire Protection Association; NFPA 72. De 26 de Agosto de 2009 de National Fire Alarm Code, Edición 2010.
41. National Fire Protection Association; NFPA 850 de Enero de 2010, de Práctica Recomendada para Protección contra Incendios para Plantas de Generación Electrica y Estaciones de Conversión de Corriente Directa de Alto Voltaje; Edición 2010.
42. National Fire Protection Association; NFPA 2001 de 31 de Agosto de 2011; de Estándar sobre Sistemas de Extinción de Incendios con Agentes Limpios; Edición 2012.
43. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre de Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales (I). (NTP 831)
44. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre de Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales (II). (NTP 832)

45. Real Decreto 1196/2003, de 9 de Octubre de 2003 de Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.
46. Moscoso E.; Nicola D.; Diseño de un Sistema Fijo de Extinción para las bodegas de Materiales del NPF de Repsol – Bloque 16. [Tesis Ingeniería]; Quito: Escuela Politécnica Nacional; 2012.
47. Paz A.; Diseño de un Sistema Hídrico para combate de Incendios en Planta Aloag de Acería del Ecuador S.A. ADELCA. [Tesis Maestría]; Quito: Universidad San Francisco de Quito; 2010.
48. Torres G.; Plan Maestro de Protección Contra Incendios del Terminal Marítimo Balao de Petroecuador. [Tesis Maestría]. Quito: Universidad San Francisco de Quito; 2009.
49. Sota S.; López M.; Prevención de Riesgos Laborales [en línea]; Madrid: Paraninfo, 2001. p8-9.; [fecha de acceso 19 de agosto de 2012]. URL disponible en:
http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2135800012&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w
50. Historia de la Ingeniería de Protección Contra Incendios por Fernando Morente Belmez.; [en línea] 2011 [fecha de acceso 21 de Agosto de 2012]. URL disponible en: <http://www.seguridadanteincendio.com/2011/07/historia-de-la-ingenieria-de-proteccion.html>
51. NFPA 3: commissioning fire protection systems: NFPA 3, Recommended Practice on Commissioning and Integrated Testing of Fire Protection and Life Safety Systems, is nearly complete after moving through the review process, for Brown Thomas. Consulting Specifying Engineer; [en línea] Mayo 2011;

- [fecha de acceso 19 de agosto de 2012]. P21. URL disponible en:
http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA267203102&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w
52. Explosive solutions: from the first line of defense to the last, explosion prevention and protection firms are upping their game to preserve yours, for LePree J.; Chemical Engineering [en línea] Noviembre 2010; [fecha de acceso 19 de agosto de 2012]. P23. URL disponible en:
http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA242592667&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w
53. Commissioning fire protection systems: a new NFPA document, expected to be available in about a year, will provide criteria for commissioning and integrated testing of fire protection and life safety systems, for Baldassarra C, Brown T.; Consulting Specifying Engineer [en línea] Noviembre 2010; [fecha de acceso 19 de agosto de 2012]. P23. URL disponible en:
http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA267033208&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p
54. Protección pasiva contra incendios por Rojas Vasquez [Jhymer](#). Ingeniería [en línea]. January – December 2003 [fecha de acceso 20 de agosto de 2012]. P113. URL disponible en:
http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA141845725&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w
55. Hacia una Cultura de Códigos de Construcción: la seguridad de las propiedades y la protección del bienestar público por Mera Ortiz Walter. Revista Alternativas . Diciembre 2009 [fecha de acceso 20 de Agosto de 2012]. P68 . URL disponible en:

http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA233291763&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w

56. Sistema de Protección contra Incendios de la Central Nuclear de Juraguá por Jomarrón; Ramirez A.; Orta R. Nucleus. [en línea] 1989 [fecha de acceso 21 de Agosto de 2012]. P41-46. URL disponible en: <http://web.ebscohost.com.ezbiblio.usfq.edu.ec/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d143e614-b8d1-422b-a45f-82aa6c56105c%40sessionmgr10&vid=4&hid=9>
57. Control y Prevención de Incendios en operaciones mineras metálicas. Por [Godelia Canchari Silverio](#) , [Mauro Giraldo Paredez](#), [Oswaldo Ortiz Sánchez](#) . [Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas](#). [en línea] January 2009 [fecha de acceso 20 de octubre de 2012]. p46. URL disponible en: http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA298751447&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w
58. An assessment of building security **system** and active **fire protection system** in administrative building for Shia; Mydin O; Othuman A.; Acta Technica Corvininensis – Bulletin of Engineering [en línea] Oct – Dec 2012 [fecha de acceso 26 de Octubre de 2012]. Vol. 5 Issue 4, p47-50. URL disponible en: <http://web.ebscohost.com.ezbiblio.usfq.edu.ec/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=3b526842-dc8f-46fd-be62-dbc719387335%40sessionmgr14&vid=9&hid=9>

GLOSARIO

Peligro: Fuente o situación de peligro con capacidad de daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o una combinación de ambos. (UNE 81902:1996-EX (AENOR, 1996:6)) (INSHT 1996:7)

Peligro es la "Situación inherente con capacidad de causar lesiones o daños a la salud de las personas." (OIT)

Riesgo: Combinación de la frecuencia o probabilidad que puedan derivarse de la materialización de un peligro. (UNE 81902:1996-EX (AENOR, 1996:6)) (INSHT 1996:7)

Riesgo es "una combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso peligroso con la gravedad de las lesiones o daños para la salud que pueda causar el suceso. (OIT)

Evaluación De Riesgos: La OIT define como evaluación a la "evaluación sistemática de los peligros" y como evaluación de riesgos al "procedimiento de evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud derivados de peligros existentes en el lugar de trabajo".

"La evaluación del riesgo consiste en un proceso de aplicación sistemática de métodos capaces de identificarlo, valorarlo, actuar sobre él para controlarlo y hacer un seguimiento para poder priorizar la actuación y la efectividad de los resultados de la misma" [Asociación para la Prevención de Accidentes (APA)].

Incendio: Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos. La exposición de los seres vivos a un incendio puede producir daños muy graves

hasta la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por la intoxicación y posteriormente quemaduras graves.

Fuego: El fuego es una reacción química de oxidación reducción fuertemente exotérmica.

Triangulo del Fuego: El triángulo de fuego o triángulo de combustión es un modelo que describe los tres elementos necesarios para generar la mayor parte de los fuegos: un combustible, un comburente (un agente oxidante como el oxígeno) y energía de activación. Cuando estos factores se combinan en la proporción adecuada, el fuego se desencadena. Por otra parte, es igualmente posible prevenir o atacar un fuego eliminando uno de ellos

Tetraedro del Fuego: El principio básico del tetraedro del fuego es el mismo que el del triángulo del fuego, todos los lados del tetraedro son necesarios para que la combustión se mantenga ya que si eliminamos cualquiera de los lados el fuego se apaga

Sistemas Contra Incendios: Una instalación o sistema contra incendio es todo aquel conjunto de medidas disponibles en edificios, industrias, casas, estructuras o ambientes con el fin de proteger estos contra el fuego. Los objetivos de estas instalaciones van desde salvar vidas, minimizar pérdidas económicas producidas por el fuego, hasta conseguir que algún tipo de actividad se reanude en un plazo de tiempo corto en un lugar afectado.

Agente extintor: Se llama agentes extintores a las sustancias que, gracias a sus propiedades físicas o químicas, se emplean para apagar el fuego (generalmente en los incendios).

Alarma: Una alarma de incendio es una protección contra los incendios que se activa con un detector, cuando este detecta un evento, sea este humo, luminosidad o un cambio brusco en la temperatura.

ABREVIATURAS

AFFF	Agente espumógeno
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de Carbono
ft / pie	Pie
gln	Galón
g.p.m	Galones por minuto
Hp	Caballo de potencia
lb	Libras
lb. /pulg ²	Libras por pulgadas cuadradas
lts	Litros
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
PQS	Polvo Químico Seco
pulg	Pulgada

SIMBOLOGÍA

A	Área
ANSI	American National Standards Institute, Inc
ASME	American Society Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
D	Diámetro
ETU	Electrical UNit
f	Factor de fricción
FM	Factory Mutual
g	gravedad
Hp	Potencia efectiva
h	Altura
HFO	Heavy Fuel Oil
HTU	Unidad de Tratamiento de combustibles
K	Coefficiente de resistencia o pérdida
Le	Longitud equivalente
LFO	Light Fuel Oil
m	metro
MDU	Motores (Main diesel – genset unit)
NFPA	National Fire Protection Association
P	Presión
Q	Caudal o flujo de volumen
r	Radio
R	Riesgo
SCI	Sistema Contra Incendios
UL	Underwriter Laboratories.Inc
V	Velocidad media del fluido; volumen
v	velocidad
ρ	Densidad
μ	Viscosidad absoluta

ÍNDICES DE CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Richardson, K., *Historical Evolution of Fire Protection Engineering, History of Fire Protection Engineering*, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2003.
- (2) Fitzgerald, P., Mawhinney, J., and Slye, O., *Water-Based Fire Suppression, History of Fire Protection Engineering*, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2003.
- (3) Cote, A., *Founding Organizations, History of Fire Protection Engineering*, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2003
- (4) Nelson, H., *Fire Severity and Fire Resistance, History of Fire Protection Engineering*, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2003
- (5) Rojas J.; Protección pasiva contra incendios [en línea]; 2003. P 113.; [fecha de acceso 19 de agosto de 2012]. URL disponible en: http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA141845725&v=2.1&u=usfq_cons&it=r&p=GPS&sw=w
- (6) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; Seguridad contra incendios en establecimientos industriales: Nivel de riesgo intrínseco [en línea]. [fecha de acceso Abril - Julio de 2012]. URL disponible en: <http://calculadores.insht.es>
- (7) Instituto Nacional de Seguridad y Higiene del Trabajo; Modelo de vulnerabilidad de la spersonas por accidentes mayores: Método Probit [en línea]. fecha de acceso 20 de Octubre de 2012].; URL disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_291.pdf

(8) Estudios FM. Fundación Mapfre.; Metodo Meseri [En línea]; 1998; [fecha de acceso Abril - Julio de 2012]. URL disponible en: <http://www.mapfre.com>.

ANEXOS I

EVALUACIÓN NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Área de Tanques de almacenamiento.





[Calculadores INSHT](#) > Seguridad contra incendios > [Entrada de datos](#) [Volver a calculadores](#)

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

SECTOR O ÁREA DE INCENDIO

Tipo de cálculo:

En función del combustible - NRI de un sector o área de incendio.

 En función de la actividad - NRI de un sector industrial para fabricación y venta.

 En función de la actividad - NRI de un sector industrial para almacenamiento.

EDIFICIO O CONJUNTO DE SECTORES Y/O ÁREAS DE INCENDIO

Cálculo del NRI de un edificio industrial.

ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL QUE DESARROLLA SU ACTIVIDAD EN MÁS DE UN EDIFICIO

Cálculo del NRI de un establecimiento.

[Siguiente](#)

© INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#)





[Calculadores INSHT](#) > Seguridad contra incendios > [Entrada de datos](#) [Volver a calculadores](#)

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

En función de la actividad - NRI de un sector industrial para almacenamiento

Actividad	$q_{v,i}$ (MJ/m ² o Mcal/m ²)	R_s	S_i (m ²)	C_i	h_i (m)
Depósitos de hidrocarburos	43700 / 10505	2	821,3	Medio	9,28
Depósitos de hidrocarburos	43700 / 10505	2	127,28	Medio	7,5
Depósitos de hidrocarburos	43700 / 10505	2	96,75	Medio	7,6
Depósitos de hidrocarburos	43700 / 10505	2	99,34	Medio	12

[Añadir actividad de almacenamiento](#)

[Volver al inicio](#) [Calcular](#)

© INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#)





[Calculadores INSHT](#) > [Seguridad contra incendios](#) > [Entrada de datos](#) [Volver a calculadores](#)

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

[Introducción](#)
[Entrada de datos](#)
[Recursos adicionales](#)

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

VALOR NRI

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO (NRI): ALTO 8

Valor de Q_e : 1042999,83 MJ/m²
250725,70 Mcal/m²



RESUMEN DE SELECCIÓN

Actividad	S_i (m ²)	C_i	h_i (m)
Depósitos de hidrocarburos	821,3	Medio	9,285
Depósitos de hidrocarburos	127,28	Medio	7,5
Depósitos de hidrocarburos	96,75	Medio	7,6
Depósitos de hidrocarburos	99,34	Medio	12

[Volver al inicio](#) © INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#) [Imprimir](#)

Fuente: Calculadora INSHT /

<http://calculadores.insht.es:86/SeguridadcontraIncendios/Entradadedatos.aspx>

SUBESTACIÓN


GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL


INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

[Calculadores INSHT](#) > [Seguridad contra incendios](#) > [Entrada de datos](#) [Volver a calculadores](#)

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

[Introducción](#)
[Entrada de datos](#)
[Recursos adicionales](#)

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

NRI de un edificio o conjunto de sectores y/o áreas de incendio de un establecimiento industrial

Sector y/o área de incendio	Q_{si} (MJ/m ² o Mcal/m ²)	A_i (m ²)
Subestación	960,0 / 230,4	34,02

[Añadir sector y/o área en función del combustible](#)
[Añadir sector y/o área en función de la actividad: fabricación y venta](#)
[Añadir sector y/o área en función de la actividad: almacenamiento](#)

[Volver al inicio](#) © INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#) [Calcular](#)


GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL


INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

[Calculadores INSHT](#) > [Seguridad contra incendios](#) > [Entrada de datos](#) [Volver a calculadores](#)

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

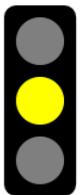
[Introducción](#)
[Entrada de datos](#)
[Recursos adicionales](#)

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

VALOR NRI

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO (NRI): MEDIO 3

Valor de Q_{ei} : 960,00 MJ/m²
 230,40 Mcal/m²



RESUMEN DE SELECCIÓN

Edificio industrial	Q_{ei} (MJ/m ² o Mcal/m ²)	A_{ei} (m ²)
Subestación Eléctrica	960,0 / 230,4	34,02

[Volver al inicio](#) © INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#) [Imprimir](#)

Fuente: Calculadora INSHT /

<http://calculadores.insht.es:86/SeguridadcontraIncendios/Entradadedatos.aspx>

Área de Control Room –ETU


GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL


INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

[Calculadores INSHT](#) > Seguridad contra incendios > [Entrada de datos](#) [Volver a calculadores](#)

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

[Introducción](#)
[Entrada de datos](#)
[Recursos adicionales](#)

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

En función de la actividad - NRI de un sector industrial para almacenamiento

Actividad	q_{vi} (MJ/m ² o Mcal/m ²)	R_a	S_i (m ²)	C_i	h_i (m)
Aparatos electrónicos	400 / 96	1	238,15	Bajo	2,35

[Añadir actividad de almacenamiento](#)
[Volver al inicio](#) © INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#) [Calcular](#)


GOBIERNO DE ESPAÑA
 MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL


INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

[Calculadores INSHT](#) > Seguridad contra incendios > [Entrada de datos](#) [Volver a calculadores](#)

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

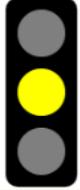
[Introducción](#)
[Entrada de datos](#)
[Recursos adicionales](#)

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

VALOR NRI

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO (NRI): MEDIO 3

Valor de Q_s : 940,00 MJ/m²
225,60 Mcal/m²



RESUMEN DE SELECCIÓN

Actividad	S_i (m ²)	C_i	h_i (m)
Aparatos electrónicos	238,15	Bajo	2,35

[Volver al inicio](#) © INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#) [Imprimir](#)

Fuente: Calculadora INSHT /

<http://calculadores.insht.es:86/Seguridadcontraincendios/Entradadedatos.aspx>

Área de Transformadores

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Calculadores INSHT > Seguridad contra incendios > Entrada de datos Volver a calculadores

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

En función del combustible - NRI de un sector o área de incendio

Tipo: Fabricación y Venta Almacenamiento

Actividad: Transformadores Área (m²):

Combustible	q _i (MJ/kg o Mcal/kg)	G _i (Kg)	C _i
Aceite de parafina	41.84 / 10	<input type="text" value="11205"/>	Medio

[Añadir combustible](#)

Volver al inicio
© INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#)
Calcular

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Calculadores INSHT > Seguridad contra incendios > Entrada de datos Volver a calculadores

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

VALOR NRI

NIVEL DE RIESGO INTRÍN SECO (NRI): ALTO 6

Valor de Q_g: 5017,53 MJ/m²

1199,22 Mcal/m²

RESUMEN DE SELECCIÓN

Combustible	G _i	q _i (MJ/kg o Mcal/kg)	C _i
Aceite de parafina	11205	41.84 / 10	Medio

Volver al inicio
© INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#)
Imprimir

Fuente: Calculadora INSHT /

<http://calculadores.insht.es:86/Seguridadcontraincendios/Entradadedatos.aspx>

HTU - MDU





[Calculadores INSHT](#) > [Seguridad contra incendios](#) > [Entrada de datos](#) [Volver a calculadores](#)

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

[Introducción](#)
[Entrada de datos](#)
[Recursos adicionales](#)

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

En función del combustible - NRI de un sector o área de incendio

Tipo: Fabricación y Venta Almacenamiento

Actividad: Área (m²):

Combustible	q _i (MJ/kg o Mcal/kg)	G _i (Kg)	C _i
<input type="text" value="Petróleo"/>	41.84 / 10	<input type="text" value="49111"/>	<input type="text" value="Medio"/>

[Añadir combustible](#)

[Volver al inicio](#)
© INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#)
[Calcular](#)





[Calculadores INSHT](#) > [Seguridad contra incendios](#) > [Entrada de datos](#) [Volver a calculadores](#)

Nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

[Introducción](#)
[Entrada de datos](#)
[Recursos adicionales](#)

Calculador del nivel de riesgo intrínseco en establecimientos industriales

VALOR NRI

NIVEL DE RIESGO INTRÍN SECO (NRI): BAJO 1

Valor de Q_g: 0,00 MJ/m²
0,00 Mcal/m²



RESUMEN DE SELECCIÓN

Combustible	G _i	q _i (MJ/kg o Mcal/kg)	C _i
Petróleo	49111	41.84 / 10	Medio

[Volver al inicio](#)
© INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) | [Aviso legal](#)
[Imprimir](#)

Fuente: Calculadora INSHT /

<http://calculadores.insht.es:86/Seguridadcontraincendios/Entradadedatos.aspx>

ANEXO II

EVALUACIÓN MÉTODO PROBIT DE VULNERABILIDAD A EXPLOSIONES

MOTORES

Presión Fuel Oil de Entrada motor = 10 bar

Presión Diesel Oil de Entrada motor = 6 bar

1 bar = 10^5 N/m²

Muerte por lesiones pulmonares

La ecuación Probit para determinar el porcentaje de muertes por hemorragia pulmonar es la siguiente:

$$Pr = -77,1 + 6,91 \ln P$$

P = sobrepresión máxima (N/m²)

FUEL OIL	DIESEL
$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 10^6$ $Pr = 18,36$	$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 6^5$ $Pr = 14,83$
100% Muerte por lesiones pulmonares	100% Muerte por lesiones pulmonares

Rotura de tímpano

El porcentaje de afectados por rotura de tímpano se determina por la ecuación:

$$Pr = - 15,6 + 1,93 \ln P$$

P = sobrepresión máxima (N/m²)

FUEL OIL	DIESEL
Pr = -15,6 + 1,93 ln 10 ⁶	Pr = 15,6 + 1,93 ln 6 ⁵
Pr = 11,06	Pr = 10,07
100% Rotura de Timpano	100% Rotura de Timpano

Muerte por impacto del cuerpo

El porcentaje de muertes por desplazamiento y colisión del cuerpo contra obstáculos se determina por la ecuación:

$$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln J$$

Donde J = impulso originado por la sobrepresión durante el tiempo de actuación (N.s/m²) = 0,08 seg.

Fuel Oil	Diesel
Pr = - 46,1 + 4,82 ln (10 ⁶ * 0,08 seg)	Pr = - 46,1 + 4,82 ln (6 ⁵ * 0,08 seg)
Pr= 8,31	Pr= 5,85
100 % muerte por impacto	80% muerte por impacto

Lesiones por impacto del cuerpo

El porcentaje de lesionados por desplazamiento y colisión del cuerpo contra obstáculos se determina por la ecuación:

$$Pr = - 39,1 + 4,45 \ln J$$

Donde J = impulso (N.s/m²).

Fuel Oil	Diesel
Pr = - 39,1 + 4,45 ln (10 ⁶ * 0,08 seg)	Pr = - 46,1 + 4,82 ln (6 ⁵ * 0,08 seg)
Pr= 11,13	Pr= 8,89
100 % lesiones por impacto	100 % lesiones por impacto

UNIDAD DE TRATAMIENTO DE COMBUSTIBLES

Presión de entrada purificadora = 1,55 bar

Presión descarga purificadora = 1,65 bar

Muerte por lesiones pulmonares

FUEL OIL ENTRADA	FUEL OIL DESCARGA
$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 1,55^3$ $Pr = 5,48$	$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 1,65^3$ $Pr = 5,91$
69% Muerte por lesiones pulmonares	82% Muerte por lesiones pulmonares

Rotura de tímpano

FUEL OIL ENTRADA	FUEL OIL DESCARGA
$Pr = -15,6 + 1,93 \ln 1,55^3$ $Pr = 7,46$	$Pr = 15,6 + 1,93 \ln 1,65^3$ $Pr = 7,58$
99,3% Rotura de Tímpano	99,5% Rotura de Tímpano

Muerte por impacto del cuerpo

FUEL OIL ENTRADA	FUEL OIL DESCARGA
$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (10^6 * 0,08 \text{ seg})$ $Pr = -0,66$	$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (6^5 * 0,08 \text{ seg})$ $Pr = -0,36$
Poco probable muerte por impacto del cuerpo	Poco probable muerte por impacto del cuerpo

Lesiones por impacto del cuerpo

FUEL OIL ENTRADA	FUEL OIL DESCARGA
$Pr = - 39,1 + 4,45 \ln (10^6 * 0,08 \text{ seg})$ $Pr = 2,84$	$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (6^5 * 0,08 \text{ seg})$ $Pr = 3,12$
2 % lesiones por impacto	3 % lesiones por impacto

Calderas

Presión succión de bomba de circulación = 12 bar

Presión descarga de bomba de circulación = 11 bar

Muerte por lesiones pulmonares

Succión Bomba de Circulación	Descarga bomba circulación
$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 75 \times 10^4$ $Pr = 16,37$	$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 11 \times 10^5$ $Pr = 19,02$
100% Muerte por lesiones pulmonares	100% Muerte por lesiones pulmonares

Rotura de tímpano

Succión Bomba de Circulación	Descarga bomba circulación
$Pr = -15,6 + 1,93 \ln 75 \times 10^4$ $Pr = 10,508$	$Pr = 15,6 + 1,93 \ln 11 \times 10^5$ $Pr = 11,24$
100% Rotura de Tímpano	100% Rotura de Tímpano

Muerte por impacto del cuerpo

Succión Bomba de Circulación	Descarga bomba circulación
$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (75 \times 10^4 * 0,08 \text{ seg})$ Pr= 6,93	$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (11 \times 10^5 * 0,08 \text{ seg})$ Pr= 8,77
98% muerte por impacto del cuerpo	100% muerte por impacto del cuerpo

Lesiones por impacto del cuerpo

Succión Bomba de Circulación	Descarga bomba circulación
$Pr = - 39,1 + 4,45 \ln (75 \times 10^4 * 0,08 \text{ seg})$ Pr= 9,85	$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (11 \times 10^5 * 0,08 \text{ seg})$ Pr= 11,56
100 % lesiones por impacto	100% lesiones por impacto

COMPRESORES

Presión de Aire en Tanque = 30 bar

Presión de aire en la línea = 7 bar

Muerte por lesiones pulmonares

Presión de Aire en Tanque 30 (bar)	Presión de aire en la línea (7 bar)
$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 3 \times 10^6$ $Pr = 25,95$	$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 7 \times 10^5$ $Pr = 13,45$
100% Muerte por lesiones pulmonares	100% Muerte por lesiones pulmonares

Rotura de tímpano

Presión de Aire en Tanque 30 (bar)	Presión de aire en la línea (7 bar)
$Pr = -15,6 + 1,93 \ln 1,55^3$ $Pr = 13,18$	$Pr = 15,6 + 1,93 \ln 1,65^3$ $Pr = 10,37$
100 % Rotura de Tímpano	100% Rotura de Tímpano

Muerte por impacto del cuerpo

Presión de Aire en Tanque 30 (bar)	Presión de aire en la línea (7 bar)
$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (10^6 * 0,08 \text{ seg})$ Pr= 13,61	$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (6^5 * 0,08 \text{ seg})$ Pr= 6,59
100% muerte por impacto	95% muerte por impacto

Lesiones por impacto del cuerpo

Presión de Aire en Tanque 30 (bar)	Presión de aire en la línea (7 bar)
$Pr = - 39,1 + 4,45 \ln (10^6 * 0,08 \text{ seg})$ Pr= 16,02	$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (6^5 * 0,08 \text{ seg})$ Pr= 9,55
100 % lesiones por impacto	100 % lesiones por impacto

Área de Almacenamiento de Combustibles

Succión de Bombas descarga HFO = 0,2 bar

Descarga bombas de transferencia HFO = 4 bar

Succión de Bombas descarga LFO = 0,2 bar

Descarga bombas de transferencia LFO = 3 bar

Muerte por lesiones pulmonares

Fuel Oil

Succión de Bombas descarga	Descarga bombas de transferencia
$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 2 \times 10^4$ $Pr = -8,66$	$Pr = -77,1 + 6,91 \ln 4 \times 10^5$ $Pr = 12,03$
Poca probabilidad de Muerte por lesiones pulmonares	100% Muerte por lesiones pulmonares

Diesel

Succión de Bombas descarga	Descarga bombas de transferencia
Pr = $-77,1 + 6,91 \ln 2 \times 10^4$ Pr = -8,66	Pr = $-77,1 + 6,91 \ln 3 \times 10^5$ Pr = 10,04
100% Muerte por lesiones pulmonares	100% Muerte por lesiones pulmonares

Rotura de tímpano**Fuel Oil**

Succión de Bombas descarga	Descarga bombas de transferencia
Pr = $-15,6 + 1,93 \ln 2 \times 10^4$ Pr = 3,51	Pr = $15,6 + 1,93 \ln 4 \times 10^5$ Pr = 9,29
7 % Rotura de Tímpano	100% Rotura de Tímpano

Diesel

Succión de Bombas descarga	Descarga bombas de transferencia
Pr = $-15,6 + 1,93 \ln 2 \times 10^4$ Pr = 3,51	Pr = $15,6 + 1,93 \ln 3 \times 10^5$ Pr = 8,74
7 % Rotura de Tímpano	100% Rotura de Tímpano

Muerte por impacto del cuerpo**Fuel Oil**

Succión de Bombas descarga	Descarga bombas de transferencia
$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (2 \times 10^{4*} 0,08 \text{ seg})$ $Pr = -10,53$	$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (4 \times 10^{5*} 0,08 \text{ seg})$ $Pr = 3,9$
Poca probabilidad muerte por impacto	14% muerte por impacto

Diesel

Succión de Bombas descarga	Descarga bombas de transferencia
$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (2 \times 10^{4*} 0,08 \text{ seg})$ $Pr = -10,53$	$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (3 \times 10^{5*} 0,08 \text{ seg})$ $Pr = 2,51$
Poca probabilidad muerte por impacto	1% muerte por impacto

Lesiones por impacto del cuerpo**Fuel Oil**

Succión de Bombas descarga	Descarga bombas de transferencia
$Pr = - 39,1 + 4,45 \ln (2 \times 10^{4*} 0,08 \text{ seg})$ $Pr = -6,2$	$Pr = - 46,1 + 4,82 \ln (4 \times 10^{5*} 0,08 \text{ seg})$ $Pr = 7,06$
Poca probabilidad lesiones por impacto	99 % lesiones por impacto

Diesel

Succión de Bombas descarga	Descarga bombas de transferencia
Pr = - 39,1 + 4,45 ln (2 x 10 ⁴ * 0,08 seg) Pr= -6,2	Pr = - 46,1 + 4,82 ln (3 x 10 ⁵ * 0,08 seg) Pr= 5,78
Poca probabilidad lesiones por impacto	79 % lesiones por impacto

Referencias para cálculos:

TAREA: CARTA DE RÉGIMEN TECNOLOGÍA HHI 1,7 MW PPS

CÓDIGO: DJIG 0304
 FECHA DE EMISIÓN: 01/05/2009
 REVISIÓN: 001
 PÁGINA: 273(2/15)



PARÁMETROS	U/M	NORMAL	ALARMA BAJA	ALARMA ALTA	DISPARO
Parámetros Motor Generador					
Sistema de aire de carga y gases de escape					
Presión aire de carga	bar	1,0 ~ 3,2	—	—	—
Temp. Aire Carga (TI-21)	°C	35 ~ 55	—	≥ 60	—
Presión de vacío aspiración del turbo en la columna de agua	mm	90 ~ 115	—	—	—
Presión Limpieza o cambio de filtro de aire en la columna de agua	mm	≥ 120	—	—	—
Temperatura aire dentro del contenedor	°C	30 ~ 44	—	≥ 45	—
Dif. Temp. dentro y fuera del contenedor	°C	< 10	—	—	—
Temperatura ambiente	°C	< 32	—	—	—
Temperatura gases entrada turbo	°C	450 ~ 520	—	≥ 580	—
Temperatura gases salida turbo	°C	250 ~ 380	—	—	—
Temperatura gases salida cilindros	°C	250 ~ 390	—	≥ 450	—
Desviación temp. gases respecto a media	°C	< 50	—	≥ 70	—
Presión Encendido en Cilindros	bar	115 ~ 190	—	—	—
Presión Encendido en Cilindros máx	bar	200	—	—	—
Diferencia presión de cilindros vs media	bar	± 5	—	—	—
Velocidad motor	rpm	891 ~ 909	—	≥ 1017	≥ 1035
Velocidad del turbo x 10	rpm	27600 ~ 4030	—	≥ 4092	—
Sistema de combustible Motor					
Presión Fuel Oil (FO) entrada motor, esquema FO	bar	7 ~ 10	≤ 6	—	—
Presión Diesel Oil (DO) entrada motor esquema DO	bar	4 ~ 6	≤ 6	—	—
P DO entrada motor para operación continua	bar	7 ~ 8	≤ 6	—	—
Temperatura FO entrada motor	°C	110 ~ 149	—	≥ 150	—
Temperatura DO entrada motor	°C	30 ~ 45	—	—	—
Índice de Cremallera	mm	21 ~ 32	—	—	—
Índice de Gobernador	U	3,5 ~ 6	—	—	—

Elaborado por:
Ing. Arles Luna Leiva

Revisado por:
Ing. Julio C. Ruiz Gallardo

Aprobado por:
Ing. Silvio Dorta Herrera

TAREA: CARTA DE RÉGIMEN TECNOLOGÍA HHI 1,7 MW PPS

CÓDIGO: UJG 0304
 FECHA DE EMISIÓN: 01/05/2009
 REVISIÓN: 001
 PÁGINA: 275 (4/15)



PARÁMETROS	U/M	NORMAL	ALARMA BAJA	ALARMA ALTA	DISPARO
Parámetros sistema de tratamiento combustible y aceite					
Sistema de tratamiento de combustible					
Nivel tanque sedimentación FO	%	40 ~ 60	—	—	—
Temp. tanque sedimentación FO	°C	75 ~ 90	—	—	—
Nivel tanque servicio FO	%	75 ~ 100	—	—	—
Temp. tanque servicio FO	°C	80 ~ 98	—	—	—
Temperatura FO entrada calentador (T1109-1)	°C	90 ~ 120	—	—	—
Temperatura FO salida calentador (T1110-1)	°C	120 ~ 149	—	≥ 150	—
Viscosidad FO	cSt	12 ~ 14	≤ 10	≥ 18	—
Viscosidad DO trabajando por esquema FO	cSt	3 ~ 6	—	—	—
Presión succión bomba suministro FO (PI128-1)	bar	0,5 ~ 1,5	—	—	—
Presión descarga bomba suministro FO (PI129-1)	bar	3,5 ~ 5,5	—	—	—
Nivel tanque servicio DO	%	50 ~ 75	—	—	—
Presión succión bomba reforzadora FO (PI133-1)	bar	3,5 ~ 4,5	—	—	—
Presión descarga bomba reforzadora FO (PI133-1)	bar	7,0 ~ 10,0	—	—	—
Presión succión bomba suministro DO	bar	0,5 ~ 1,5	—	—	—
Presión descarga bomba DO	bar	4 ~ 6	—	—	—
Diferencial presión auto filtro combustible	bar	0 ~ 0.4	—	≥ 0,8	—
Limpieza de auto filtro por presión diferencial	bar	≥ 0.4	—	—	—
Nivel máximo Tanque drenajes de MDU y HTU	%	< 50	—	—	—
Parámetros purificadora de HFO					
Amperaje de motor de purificadoras FO	A	9 ~ 10	—	—	—
Temp. entrada calentador purificadora FO	°C	75 ~ 90	—	—	—
Temp. entrada centrífuga FO	°C	95 ~ 98	≤ 75	≤ 115	—
PE bomba purificadora FO	bar	-0,3 ~ 0	—	—	—
Presión entrada purificadora FO	bar	0,45 ~ 1,55	—	—	—
Presión descarga purificadora FO	bar	1,45 ~ 1,65	—	—	—
Flujo purificadora FO	L/h	1800 ~ 1900	—	—	—
Presión de Agua en purificadora FO	bar	3 ~ 4	—	—	—
Presión de aire en purificadora FO	bar	6 ~ 8	—	—	—
Tiempo estabilización amperaje	min	5 ~ 10	—	—	—

Elaborado por:
Ing. Arles Luna Leiva

Revisado por:
Ing. Julio C. Ruiz Gallardo

Aprobado por:
Ing. Silvio Dorta Herrera



TAREA: CARTA DE RÉGIMEN TECNOLOGÍA HHI 1,7 MW PPS

CÓDIGO: UJIG 0304
 FECHA DE EMISIÓN: 01/05/2009
 REVISIÓN: 001
 PÁGINA: 276(5/15)

PARÁMETROS	U/M	NORMAL	ALARMA BAJA	ALARMA ALTA	DISPARO
Parámetros sistema de tratamiento combustible y aceite					
Parámetros purificadora de aceite (LO)					
Amperaje de motor de purificadoras LO	A	8 ~ 10	—	—	—
Temp. entrada calentador purificadora LO	°C	65 ~ 70	—	—	—
Temp. entrada centrífuga LO	°C	90 ± 3	≤ 65	≥ 105	—
PE bomba purificadora lubricante LO	bar	-0,6 ~ 0	—	—	—
Presión entrada LO purificadora	bar	0,45 ~ 0,55	—	—	—
Presión descarga purificadora LO	bar	1,45 ~ 1,65	—	—	—
Flujo purificadora LO	L/h	1900 ~ 2000	—	—	—
Presión de Agua en purificadora LO	bar	3 ~ 4	—	—	—
Presión aire sistema baja presión LO	bar	6 ~ 8	—	—	—
Tiempo estabilización amperaje	min	5 ~ 10	—	—	—
Tiempo estabilización amperaje	min	5 ~ 10	—	—	—

Elaborado por:
Ing. Arles Luna Leiva

Revisado por:
Ing. Julio C. Ruíz Gallardo

Aprobado por:
Ing. Silvio Dorta Herrera

TAREA: CARTA DE RÉGIMEN TECNOLOGÍA HHI 1,7 MW PPS

CÓDIGO: UJIG 0304
 FECHA DE EMISIÓN: 01/05/2009
 REVISIÓN: 001
 PÁGINA: 277 (6/15)



PARÁMETROS	U/M	NORMAL	ALARMA BAJA	ALARMA ALTA	DISPARO
Parámetros sistema de vapor, condensado y tratamiento de agua					
Parámetros Caldera					
Nivel del tanque alimentación caldera	mm	320 ~ 340	—	—	—
Temp. agua alimentar caldera	°C	60 ~ 70	—	—	—
Presión en cabezal retorno condensado	bar	0 ~ 0,1	—	—	—
Presión succión bomba alimentar caldera	bar	0 ~ 0,1	—	—	—
Presión descarga bomba alimentar caldera	bar	10 ~ 12	—	—	—
Presión succión bomba circulación caldera	bar	7 ~ 7,5	—	—	—
Presión descarga bomba circulación caldera	bar	10 ~ 11	—	—	—
Nivel del domo	mm	280 ~ 300	—	—	—
Temperatura entrada gases caldera	°C	280 ~ 350	—	—	—
TS gas caldera (TI-701)	°C	151 ~ 250	—	—	—
Caída presión gases en caldera en la columna de agua	mm	0 ~ 85	—	—	—
Apertura Dámper Caldera	%	50 ~ 100	—	—	—
Presión en domo de caldera	bar	6,8 ~ 7,2	—	—	—
Presión en cabezal vapor caldera	bar	6,8 ~ 7,2	—	—	—
Presión de aire baja presión en caldera	bar	3 ~ 4	—	—	—
Presión agua tratada en caldera	bar	3 ~ 3,5	—	—	—
Parámetros Compresores					
P aire tanque HP (PI-501)	bar	25 ~ 30	—	—	—
P aire tanque LP (PI-502)	bar	7 ~ 9	—	—	—
Presión aire línea LP (PI-503)	bar	7 ~ 9	—	—	—
Tratamiento de agua					
Parámetros planta tratamiento de agua					
DP máxima circuito osmosis PTA.	bar	1 ~ 2	—	—	—
Flujos agua tratada en PTA.	m ³ / h	1,4 ~ 1,6	—	—	—
Flujos agua de rechazo en PTA.	m ³ / h	1,4 ~ 1,6	—	—	—
Conductividad del agua tratada	µs/cm	< 100	—	—	—
PH agua tratada salida PTA.	-	8,3 ~ 9,0	—	—	—
Nivel tanque agua tratada en PTA.	%	50 ~ 75	—	—	—
Nivel depósito de agua cruda	%	50 ~ 75	—	—	—
Presión de agua cruda entrada PTA.	bar	2 ~ 3	—	—	—
Presión máxima micro-filtro	bar	0,5 ~ 1	—	—	—

Elaborado por:
 Ing. Arles Luna Leiva

Revisado por:
 Ing. Julio C. Ruiz Gallardo

Aprobado por:
 Ing. Silvio Dorta Herrera



TAREA: CARTA DE RÉGIMEN TECNOLOGÍA HHI 1,7 MW PPS

CÓDIGO: UJIG 0304
 FECHA DE EMISIÓN: 01/05/2009
 REVISIÓN: 001
 PÁGINA: 278(7/15)

PARÁMETROS	U/M	NORMAL	ALARMA BAJA	ALARMA ALTA	DISPARO
Parámetros Parque Almacenamiento e Índices Generales					
Parámetros Parque Almacenamiento					
Nivel Tanque (TK) lodos. Máximo	%	< 50	—	—	—
Nivel util TK almacén FO.	mm	> 200 Sobre succión			
Nivel tanque almacenamiento de aceite	%	> 25	—	—	—
Presión succión bombas descarga DO.	bar	- 0,2 ~ 0,2	—	—	—
Presión succión bombas descarga FO.	bar	- 0,5 ~ 0,2	—	—	—
Presión descarga bombas transferencia DO.	bar	2 ~ 3	—	—	—
Presión descarga bombas transferencia FO.	bar	3 ~ 4	—	—	—
Temp. FO salida Tanque almacenamiento FO.	°C	65 ~ 70	—	—	—
Índices Generales					
CEC bruto Batería (ISO)	g/kWh	Según prueba 72 hrs			
CE Aceite Motores	g/kWh	< 1	—	—	—
CE agua	L/kWh	< 0,03	—	—	—
Producción Específica Lodos	g/kWh	< 1	—	—	—

Elaborado por:
Ing. Arles Luna Leiva

Revisado por:
Ing. Julio C. Ruíz Gallardo

Aprobado por:
Ing. Silvio Dorta Herrera

ANEXO III

EVALUACIÓN MÉTODO MESERI

Oficinas Administrativas - Comedor

Factores X

	CONCEPTO	Coef. puntos	Otorgado
Nro. de pisos	Altura		
1 ó 2	menor que 6 m	3	3
3, 4 ó 5	entre 6 y 15 m	2	
6, 7, 8 ó 9	entre 15 y 27 m	1	
10 ó más	mas de 27 m	0	
Superficie mayor sector de incendios			
de 0 a 500 m ²		5	5
de 501 a 1.500 m ²		4	
de 1.501 a 2.500 m ²		3	
de 2.501 a 3.500 m ²		2	
de 3.501 a 4.500 m ²		1	
más de 4.500 m ²		0	
Resistencia al fuego			
Resistente al fuego (hormigón)		10	10
No combustible		5	
Combustible		0	
Falsos techos			
Sin falsos techos		5	3
Con falso techo incombustible		3	
Con falso techo combustible		0	
Distancia de los bomberos			
Menor de 5 Km.	5 minutos	10	2
entre 5 y 10 km.	5 y 10 minutos	8	
Entre 10 y 15 km.	10 y 15 minutos	6	
entre 15 y 25 km.	15 y 25 minutos	2	
Más de 25 km.	más de 25 minutos	0	
Accesibilidad edificio			
Buena		5	5
Media		3	
Mala		1	
Muy mala		0	
Peligro de activación			
Bajo		10	10
Medio		5	
Alto		0	
Carga térmica			
Baja	Q < 100	10	10

Media	100 < Q < 200	5	
Alta	Q > 200	0	
Combustibilidad			
Baja		5	
Media		3	5
Alta		0	
Orden y limpieza			
Bajo		0	
Medio		5	10
Alto		10	
Almacenamiento en altura			
Menor de 2 m		3	
Entre 2 y 4 m		2	3
Más de 4 m		0	
Factor de concentración			
Menor de U\$S 800 m ²		3	
Entre U\$S 800 y 2.000 m ²		2	3
Más de U\$S 2.000 m ²		0	
Propagabilidad vertical			
Baja		5	
Media		3	5
Alta		0	
Propagabilidad horizontal			
Baja		5	
Media		3	5
Alta		0	
Destrucción por calor			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
Destrucción por humo			
Baja		10	
Media		5	5
Alta		0	
Destrucción por corrosión			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
Destrucción por agua			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
		TOTAL	
		X	114

Factores Y

	Sin vigilancia	Con vig.	Coef. Otorgado
Extintores manuales	1	2	2
Bocas de incendio	2	4	2
Hidrantes exteriores	2	4	2
Detectores de incendio	0	4	0
Rociadores automáticos	5	8	0
Instalaciones fijas	2	4	0
		TOTAL Y	6

CUENTAN CON BRIGADA	SI	1	1
	NO	0	

Conclusión de la evaluación**Meseri**

$$P = 5X / 129 + 5Y / 26 + B$$

$$P = \mathbf{6,572450805}$$

Para la interpretación de este valor, la tabla de evaluación cualitativa es la siguiente:

Valor de P	Categoría
0 a 2	Riesgo muy grave
2,1 a 4	Riesgo grave
4,1 a 6	Riesgo medio
6,1 a 8	Riesgo leve
8,1 a 10	Riesgo muy leve

Bodega de Insumos

Factores X

	CONCEPTO	Coef. puntos	Otorgado
Nro. de pisos	Altura		
1 ó 2	menor que 6 m	3	3
3, 4 ó 5	entre 6 y 15 m	2	
6, 7, 8 ó 9	entre 15 y 27 m	1	
10 ó más	mas de 27 m	0	
Superficie mayor sector de incendios			
de 0 a 500 m ²		5	4
de 501 a 1.500 m ²		4	
de 1.501 a 2.500 m ²		3	
de 2.501 a 3.500 m ²		2	
de 3.501 a 4.500 m ²		1	
más de 4.500 m ²		0	
Resistencia al fuego			
Resistente al fuego (hormigón)		10	10
No combustible		5	
Combustible		0	
Falsos techos			
Sin falsos techos		5	3
Con falso techo incombustible		3	
Con falso techo combustible		0	
Distancia de los bomberos			
Menor de 5 Km.	5 minutos	10	2
entre 5 y 10 km.	5 y 10 minutos	8	
Entre 10 y 15 km.	10 y 15 minutos	6	
entre 15 y 25 km.	15 y 25 minutos	2	
Más de 25 km.	más de 25 minutos	0	
Accesibilidad edificio			
Buena		5	5
Media		3	
Mala		1	
Muy mala		0	
Peligro de activación			
Bajo		10	5
Medio		5	
Alto		0	
Carga térmica			
Baja	Q < 100	10	10
Media	100 < Q < 200	5	
Alta	Q > 200	0	
Combustibilidad			
Baja		5	3

Media		3	
Alta		0	
Orden y limpieza			
Bajo		0	
Medio		5	5
Alto		10	
Almacenamiento en altura			
Menor de 2 m		3	
Entre 2 y 4 m		2	0
Más de 4 m		0	
Factor de concentración			
Menor de U\$S 800 m2		3	
Entre U\$S 800 y 2.000 m2		2	2
Más de U\$S 2.000 m2		0	
Propagabilidad vertical			
Baja		5	
Media		3	3
Alta		0	
Propagabilidad horizontal			
Baja		5	
Media		3	0
Alta		0	
Destructibilidad por calor			
Baja		10	
Media		5	0
Alta		0	
Destructibilidad por humo			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
Destructibilidad por corrosión			
Baja		10	
Media		5	
Alta		0	5
Destructibilidad por agua			
Baja		10	
Media		5	5
Alta		0	
		TOTAL	
		X	75

Factores Y

	Sin vigilancia	Con vig.	Coef. Otorgado
Extintores manuales	1	2	2
Bocas de incendio	2	4	0
Hidrantes exteriores	2	4	0
Detectores de incendio	0	4	0
Rociadores automáticos	5	8	0
Instalaciones fijas	2	4	0
		TOTAL Y	2

CUELTAN CON BRIGADA	SI	1	1
	NO	0	

Conclusión de la evaluación**Meseri**

$$P = 5X / 129 + 5Y / 26 + B$$

$$P = 4,291592129$$

Para la interpretación de este valor, la tabla de evaluación cualitativa es la siguiente:

Valor de P	Categoría
0 a 2	Riesgo muy grave
2,1 a 4	Riesgo grave
4,1 a 6	Riesgo medio
6,1 a 8	Riesgo leve
8,1 a 10	Riesgo muy leve

Laboratorio Químico

Factores X

	CONCEPTO	Coef. puntos	Otorgado
Nro. de pisos	Altura		
1 ó 2	menor que 6 m	3	3
3, 4 ó 5	entre 6 y 15 m	2	
6, 7, 8 ó 9	entre 15 y 27 m	1	
10 ó más	mas de 27 m	0	
Superficie mayor sector de incendios			
de 0 a 500 m ²		5	5
de 501 a 1.500 m ²		4	
de 1.501 a 2.500 m ²		3	
de 2.501 a 3.500 m ²		2	
de 3.501 a 4.500 m ²		1	
más de 4.500 m ²		0	
Resistencia al fuego			
Resistente al fuego (hormigón)		10	5
No combustible		5	
Combustible		0	
Falsos techos			
Sin falsos techos		5	5
Con falso techo incombustible		3	
Con falso techo combustible		0	
Distancia de los bomberos			
Menor de 5 Km.	5 minutos	10	2
entre 5 y 10 km.	5 y 10 minutos	8	
Entre 10 y 15 km.	10 y 15 minutos	6	
entre 15 y 25 km.	15 y 25 minutos	2	
Más de 25 km.	más de 25 minutos	0	
Accesibilidad edificio			
Buena		5	5
Media		3	
Mala		1	
Muy mala		0	
Peligro de activación			
Bajo		10	10
Medio		5	
Alto		0	
Carga térmica			
Baja	Q < 100	10	10
Media	100 < Q < 200	5	
Alta	Q > 200	0	
Combustibilidad			
Baja		5	5

Media		3	
Alta		0	
Orden y limpieza			
Bajo		0	
Medio		5	10
Alto		10	
Almacenamiento en altura			
Menor de 2 m		3	
Entre 2 y 4 m		2	3
Más de 4 m		0	
Factor de concentración			
Menor de U\$S 800 m2		3	
Entre U\$S 800 y 2.000 m2		2	3
Más de U\$S 2.000 m2		0	
Propagabilidad vertical			
Baja		5	
Media		3	5
Alta		0	
Propagabilidad horizontal			
Baja		5	
Media		3	5
Alta		0	
Destructibilidad por calor			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
Destructibilidad por humo			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
Destructibilidad por corrosión			
Baja		10	
Media		5	5
Alta		0	
Destructibilidad por agua			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
		TOTAL	
		X	111

Factores Y

	Sin vigilancia	Con vig.	Coef. Otorgado
Extintores manuales	1	2	2
Bocas de incendio	2	4	2
Hidrantes exteriores	2	4	2
Detectores de incendio	0	4	0
Rociadores automáticos	5	8	0
Instalaciones fijas	2	4	0
		TOTAL Y	6

CUELTAN CON BRIGADA	SI	1	1
	NO	0	

Conclusión de la evaluación Meseri

$$P = 5X / 129 + 5Y / 26 + B$$

$$P = 6,456171735$$

Para la interpretación de este valor, la tabla de evaluación cualitativa es la siguiente:

Valor de P	Categoría
0 a 2	Riesgo muy grave
2,1 a 4	Riesgo grave
4,1 a 6	Riesgo medio
6,1 a 8	Riesgo leve
8,1 a 10	Riesgo muy leve

Taller Mantenimiento Mecánico

Factores X

	CONCEPTO	Coef. puntos	Otorgado
Nro. de pisos	Altura		
1 ó 2	menor que 6 m	3	3
3, 4 ó 5	entre 6 y 15 m	2	
6, 7, 8 ó 9	entre 15 y 27 m	1	
10 ó más	mas de 27 m	0	
Superficie mayor sector de incendios			
de 0 a 500 m ²		5	5
de 501 a 1.500 m ²		4	
de 1.501 a 2.500 m ²		3	
de 2.501 a 3.500 m ²		2	
de 3.501 a 4.500 m ²		1	
más de 4.500 m ²		0	
Resistencia al fuego			
Resistente al fuego (hormigón)		10	10
No combustible		5	
Combustible		0	
Falsos techos			
Sin falsos techos		5	5
Con falso techo incombustible		3	
Con falso techo combustible		0	
Distancia de los bomberos			
Menor de 5 Km.	5 minutos	10	2
entre 5 y 10 km.	5 y 10 minutos	8	
Entre 10 y 15 km.	10 y 15 minutos	6	
entre 15 y 25 km.	15 y 25 minutos	2	
Más de 25 km.	más de 25 minutos	0	
Accesibilidad edificio			
Buena		5	3
Media		3	
Mala		1	
Muy mala		0	
Peligro de activación			
Bajo		10	10
Medio		5	
Alto		0	
Carga térmica			
Baja	Q < 100	10	10
Media	100 < Q < 200	5	
Alta	Q > 200	0	
Combustibilidad			
Baja		5	5

Media		3	
Alta		0	
Orden y limpieza			
Bajo		0	
Medio		5	5
Alto		10	
Almacenamiento en altura			
Menor de 2 m		3	
Entre 2 y 4 m		2	3
Más de 4 m		0	
Factor de concentración			
Menor de U\$S 800 m2		3	
Entre U\$S 800 y 2.000 m2		2	3
Más de U\$S 2.000 m2		0	
Propagabilidad vertical			
Baja		5	
Media		3	5
Alta		0	
Propagabilidad horizontal			
Baja		5	
Media		3	3
Alta		0	
Destructibilidad por calor			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
Destructibilidad por humo			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
Destructibilidad por corrosión			
Baja		10	
Media		5	5
Alta		0	
Destructibilidad por agua			
Baja		10	
Media		5	10
Alta		0	
		TOTAL	
		X	107

Factores Y

	Sin vigilancia	Con vig.	Coef. Otorgado
Extintores manuales	1	2	2
Bocas de incendio	2	4	2
Hidrantes exteriores	2	4	2
Detectores de incendio	0	4	0
Rociadores automáticos	5	8	0
Instalaciones fijas	2	4	0
		TOTAL Y	6

CUELTAN CON BRICADA	SI	1	1
	NO	0	

Conclusión de la evaluación**Meseri**

$$P = 5X / 129 + 5Y / 26 + B$$

$$P = \mathbf{6,301132976}$$

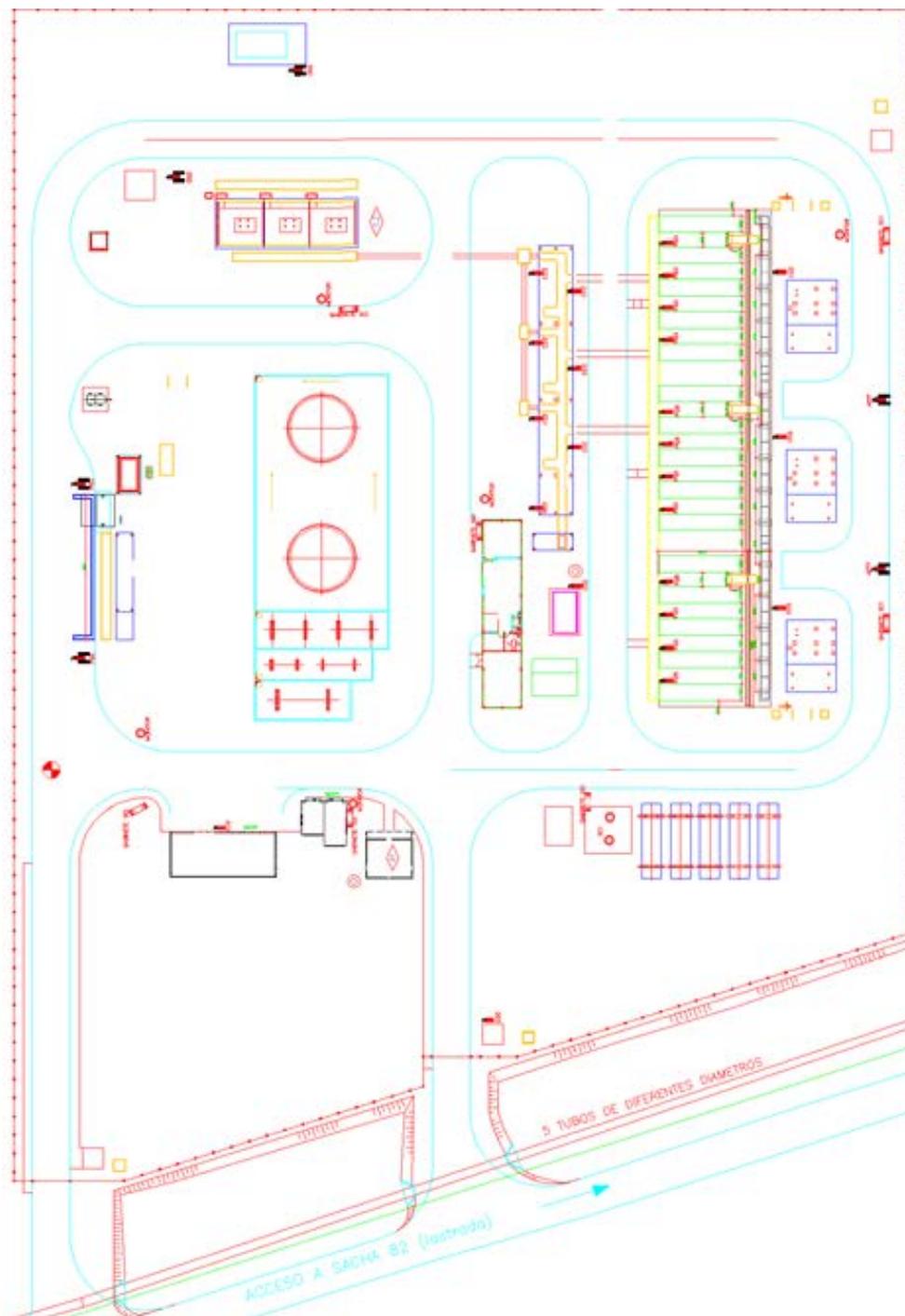
Para la interpretación de este valor, la tabla de evaluación cualitativa es la siguiente:

Valor de P	Categoría
0 a 2	Riesgo muy grave
2,1 a 4	Riesgo grave
4,1 a 6	Riesgo medio
6,1 a 8	Riesgo leve
8,1 a 10	Riesgo muy leve

ANEXO IV

DESCRIPCIÓN DE ÁREAS PARA DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE DISEÑO

Central Termoeléctrica Sacha



Las instalaciones de la central de generación están constituidas por los siguientes componentes:

Área de Tanques de almacenamiento (Storage Tank Area)

Tanques	HFO (Fuel Oil N°6)	Diesel	Aceite Aurelia TI 4040	Cieno
Cantidad	2 fijos	2 horizontal	1 horizontal	1 horizontal
Capacidad	184000 galón	20.000 galón	5200 galón	25000 galón
Diámetro	33.42 m / 109,64 pies	2,85 m / 9,35 pies	1,82 m / 1,82pies	317 cm / 10,40 pies
Atura	9.285 m / 30.463 pies	7,5 m / 24,61	7,6 m / 24,934 pies	1214 cm / 39,83 pies

Área de descarga de combustibles (Unloading station)

Transferencia de los carro tanques hacia los tanques de almacenamiento con una unidad con motor eléctrico Marca Brook Crompton V=480 a 1740 rpm. Trifásico. Potencia= 8,6 kw Bomba marca: Imo Modelo ACE 070N7 NTBP 13222 STD descarga de combustible HFO bomba de transferencia de combustible con capacidad de bombeo de 25 m³/h y presión de 3,5 bar y panel de control local.

Dos unidades de descarga de combustible HFO con dos motores eléctricos y dos bombas de transferencia de combustible con capacidad conjunta de 20m³/h a una presión de 3,5 bares y panel de control local

Sub estación eléctrica

Centro de transferencia eléctrica de generación eléctrica, vigas de acero galvanizado y paredes revestidas de plástico y esponja.

Características técnicas

Voltaje:	13,8 kV	Máxima Tensión Nominal:	17,5 Kv
Corriente Nominal:	1,25 kA	Corriente Cortocircuito:	25 kA
Frecuencia:	60 Hz	Tensión Básica de Impulso:	60 kV
Número de Celdas:	6	Grado de Protección:	IP 4X
Voltaje por Celda:	13,8 kV		
Corriente por Celda:	355,6 A		

Fuente: Pocket Book for 1.7 MW 9H21/32 PPS Operation & Maintenance

Transformadores

Transformadores elevadores para subir potencia de 4160 V a 13800 V

Características técnicas

Type	KOM – 0499	Standard	IEC-60076
Rated Frequency	60 HZ	Type of cooling	ONAN
Rated Power	8500 KVA	Vector Group	Ynd 1
Rated Voltaje	HV. 13800 V	Rated Current	HV. 355.6 A
	L.V. 4160 V		L.V. 1197.7 A
Short circuit impedance at	8.5 MVA 10.0%	Temp. Rise of windings/oil	60/55°C
Max. Ambiente temperature	45°C		
Insulación Level	HV Line Terminal	Insulación Level	LV Line Terminal
LI	95 KV	LI	40kV
AC	38KV/1min	AC	10KV/1min
Year of manufacture	2010.06	Quantity of oil	4150 liter (3735 kg)
		Total Weight	15500kg

Fuente: Pocket Book for 1.7 MW 9H21/32 PPS Operation & Maintenance

ETU (Electrical Unit)

Tres unidades de transferencia eléctrica y un control room, counter reforzados por láminas de yeso.

Dimensiones: 43.47m x 5. 5 m

Características técnicas

Voltaje:	4,16 kV	Máxima Tensión Nominal:	7,5 kV
Corriente Nominal:	1,2 kA	Corriente Cortocircuito:	24 kA
Frecuencia:	60 Hz		
Número de Celdas:	6	Grado de Protección:	IP 4X
Voltaje por Celda:	4,16 kV	Corriente Outgoing:	1200 A
Corriente por Celda Gen:	295,6 A		

Fuente: Pocket Book for 1.7 MW 9H21/32 PPS Operation & Maintenance

HTU (HFO Treatment Unit – Unidad de Tratamiento de Fuel Oil)

Compuesto por tres unidades HTU

Datos principales

H.T.U	HFO Supply pump x 2 (Bomba de suministro de HFO x 2)	2,4 m ³ /h 0/6 bar
	HFO Booster pump x 2 (Bomba elevadora de presión de HFO x 2)	5,52 m ³ /h 6/12 bar
	HFO Drain Pump (Bomba de drenaje de HFO)	1 m ³ /h 0/2,5 bar
	DO Supply pump x2	2,4 m ³ /h 0/6 bar
	MDU drain pump x1 (Bomba de drenaje de MDU)	1 m ³ /h 0/3 bar
	Viscosity control	M bar x 185 kg/h
	Flow-meter	Max 25 bar
	Auto filter	35um ABS/20 um NOM
	HFO Steam Heater	95°C in/155° out

HFO/L.O PURIFIER Maker;Samkong	Treating oil (Tratamiento de aceite)	HFO=Max 700 cst a 50°
		L.O=Max 150 cst a 40°C
	Treating capacity	HF: 1,952 L/hr
		L.O: 2,160 L/hr

Fuente: Pocket Book for 1.7 MW 9H21/32 PPS Operation & Maintenance

MDU (Main Diesel – Genset Unit)

Conformado por un grupo de 12 motores de las siguientes características

Equipment	Item	Specification
9H21/32 Gen – Set	Ingeniería de Tipo	H21/32 HIMSEM
	Velocidad nominal	900RPM
	Potencia por cilindro	200 KW
	Orificio del cilindro	210 mm
	émbolo	320mm
	Swept vollume per cyl	11,1 dm ³
	Velocidad media del pistón	9,6 m/s
	Relación de compresión	17,1
	Firing order	1-3-5-7-9-8-6-4-2
	Peso del motor	19.3 ton
	Peso del grupo electrógeno	33,3 ton
	Longitud total del motor	3,431 mm
	Longitud total del grupo electrógeno	5, 489 mm
Generador	Tipo	Brushless and ritating with damper winding
	Tensión nominal	212 D KVA (1,701 KW)
	Corriente nominal	295,1A
	Frecuencia nominal	60 Hz
	Número de polos	8

Fuente: Pocket Book for 1.7 MW 9H21/32 PPS Operation & Maintenance

Calderos (Boiler)

Equipment	Item	Specification
Exh gs Boiler	Type	
	Sat Steam Evaporation	1000 kg/hr 295°
	Sat. Seam temp gas	169°C
	EXH out let temp	250°C
	Circulation water	7 m3/hr
	Total draft loss at design capacity	85mm Aq

Fuente: Pocket Book for 1.7 MW 9H21/32 PPS Operation & Maintenance

Compresores

Equipment	Item	Specification
Air Compressor	Hp air compressor	Normal 30 bar
		Max 40 bar
	LP air compressor	Normal 9 bar
		Max 11 bar

Fuente: Pocket Book for 1.7 MW 9H21/32 PPS Operation & Maintenance

Edificios Administrativos y Laboratorio Químico

Construcción de un piso, paredes de bloque de cemento, estructura metálica, cubierta de fibrocemento, piso de hormigón recubierto con cerámica y cielo falso de fibra mineral.

Dimensiones generales administración: 17 m x 7 m

Construcción de un piso, paredes de bloque de cemento, estructura metálica, cubierta de fibrocemento, piso de hormigón recubierto con baldosa.

Dimensiones generales Laboratorio Químico: 6.5 m x 3.8 m

Construcción clasificada por la NFPA 220 como Tipo II (Incombustible) y según el Consejo de Normalización de Códigos de Edificación se encuentra clasificada con los dígitos (222); es decir, paredes exteriores resistentes al fuego 2 horas, estructura básica resistente al fuego 2 horas y piso con resistencia al fuego 2 horas.

Taller Mantenimiento Mecánico y Eléctrico

Locales independientes de un solo piso; tienen paredes de bloque de cemento y láminas de aluminio, estructura metálica, cubierta de fibrocemento, piso de hormigón

Dimensiones generales: 30 m x 6.3 m

Construcción clasificada por la NFPA 220 como Tipo II (Incombustible) y según el Consejo de Normalización de Códigos de Edificación se encuentra clasificada con los dígitos (222); es decir, paredes exteriores e interiores resistentes al fuego 2 horas, estructura básica resistente al fuego 2 horas y piso con resistencia al fuego 2 horas.

ANEXO V

INTENCIÓN DE DISEÑO FM 200 PARA SUBESTACIÓN Y ETU'S.

La concentración de diseño del agente extintor "Inundación Total" debe ser mínimo del 7%. Se debe garantizar los caudales de descarga en las boquillas y asegurar la concentración de gas requerido en las áreas a proteger.

Se sellará herméticamente con material ignífugo aprobado todos los pasajes, rendijas e intersticios del ambiente que puedan afectar la concentración. Como sistema complementario al sistema fijo de detección alarma y extinción, se debe ubicar dentro del recinto un extinguidor portátil de CO₂ de 10 lb.

Los cilindros para agente limpio serán fabricados bajo estricto cumplimiento con las normas D.O.T. UL/FM, probadas para el control de fugas y pruebas de presión. Fabricados con aleaciones de acero al carbón y recubiertos con una capa de pintura horneable de alta duración. El agente usado en estos cilindros tendrá una presión de vapor natural de 65.7 psi a 25°C y es presurizado con nitrógeno seco a 360 psi a 21°C; esto con el fin de proveer una rápida y efectiva descarga en 10 segundos o menos.

Para cada instalación o área a proteger con gas HFC -227ea [Hetafluoropopano] se tiene previsto la cantidad, tamaño y capacidad a almacenar de los cilindros requeridos para suplir la concentración. El cilindro deberá contener un medidor de presión que permita una rápida inspección visual de la presión. También deberá tener un switch de supervisión de baja presión el cual constantemente monitoreará la presión interna del cilindro.

En el evento de presentarse una disminución de la presión interna, el switch supervisor cambiará el estado del contacto. Esto causará una señal en el panel de control.

El rango de temperatura para que opere el cilindro será entre -2°C y 55°C.

Adicional a estos criterios la sección 5.4.2.2 y 5.4.2.5 de la NFPA 2011 recomienda un factor de seguridad de 1.35 para fuegos clase C. Por lo tanto la concentración del diseño será de 8.4 % v/v. La concentración denota la cantidad de agente en un volumen específico.

La cantidad necesaria de FM-200 necesaria para extinguir un incendio en el cuarto de control con la concentración deseada se calcula por la ecuación:

$$W = \frac{V}{s} \left(\frac{C}{100 - C} \right)$$

$$Y \quad S = 1,885 + 0,0046 t$$

Donde:

W = peso del agente en lb

V = volumen neto del cuarto ft²

s = volumen específico del agente sobrecalentado a la temperatura t (ft³/ lb)

C = concentración

T = temperatura mínima del volumen (°F)

Debido a que los equipos electrónicos de la subestación (shelter) no pueden estar expuestos a las temperaturas ambientales del lugar (sobre los 35°C) ya que sufrirían averías en sus circuitos el sistema de aire acondicionado proporciona una temperatura promedio de 60°F. En el momento que el agente sea descargado el aire

acondicionado deberá ser apagado automáticamente mediante una señal recibida en el panel de control.

Además como el área a proteger está por encima del nivel del mar se aplica un factor de corrección atmosférica, Tabla 5.5.3.3 NFPA 2001,

Factor de corrección de 0.96 ya que La Joya de los Sachas se encuentra aproximadamente a 1000 pies snm. (NFPA Tabla 5.5.3.3)

Se establece que la Descarga del agente no debe exceder los 10 segundos. 5.6 NFPA 2001. Así también, el manual de Kidde Fire Systems sugiere que debe considerarse tiempos de descarga tan breves como 6 segundos. Para este diseño se selecciona un tiempo de descarga de 9 segundos.

Al ser un área pequeña, los cilindros se instalaran cercanos al lugar de protección, el sistema será descargado por la presión interna del cilindro (sistema ECS de Kidde Fire Systems).

Además se considera al sistema, un banco de cilindros de tanques con respaldo, o sea el doble de números de cilindros,

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN FM-200

Una vez establecidos los criterios de diseño y los componentes del sistema, se procede a los cálculos necesarios.

SUBESTACIÓN

Dimensiones subestación: 4.16m x 8,16m x 2.4 m

Volumen = 4.16m x 8,16m x 2.4 m = 81,469 m³ = 2877.05 pies³

El volumen específico del agente sobrecalentado del FM 200 puede representarse por la fórmula: $S = 1.885 + 0.0046 t = 2,161$ (Tabla 4-7.18 SFPE Handbook of fire Protection Engineering)

Peso del agente requerido:

$$w = \frac{V \left(\frac{C}{100 - C} \right)}{S}$$

Donde:

W = peso del agente en lb

V = volumen neto del cuarto ft²

s = volumen específico del agente sobrecalentado a la temperatura t (ft³/ lb)

C = concentración

T = temperatura mínima del volumen (°F)

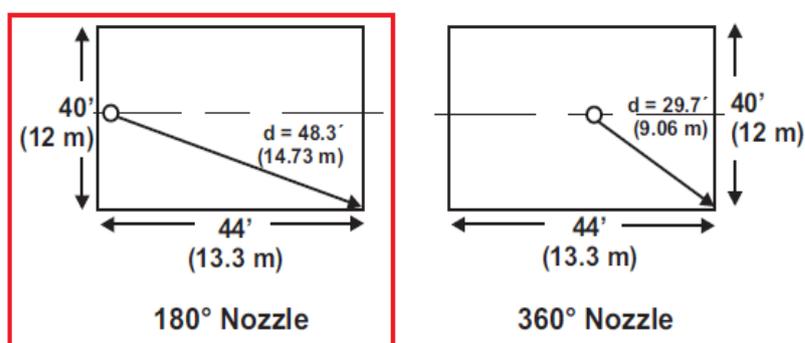
$$w = \frac{2877.05}{2,161} \left(\frac{8.4}{100 - 8.4} \right) * 0,96$$

$$w = 117,205 \text{ lib}$$

La capacidad del cilindro se escoge en base a la Tabla 3-12 Cylinder, Equivalent Lengths de la Kidde Fire Systems, lo que da un cilindro de 125 lb. La salida de descarga de la válvula que esta acoplada al cilindro es de 1 ½ pulgadas. Los cilindros serán montados mediante abrazaderas para el diámetro del cilindro seleccionado. La manguera flexible que se conecte a la descarga de la válvula del cilindro será de 1 ½ pulgadas.

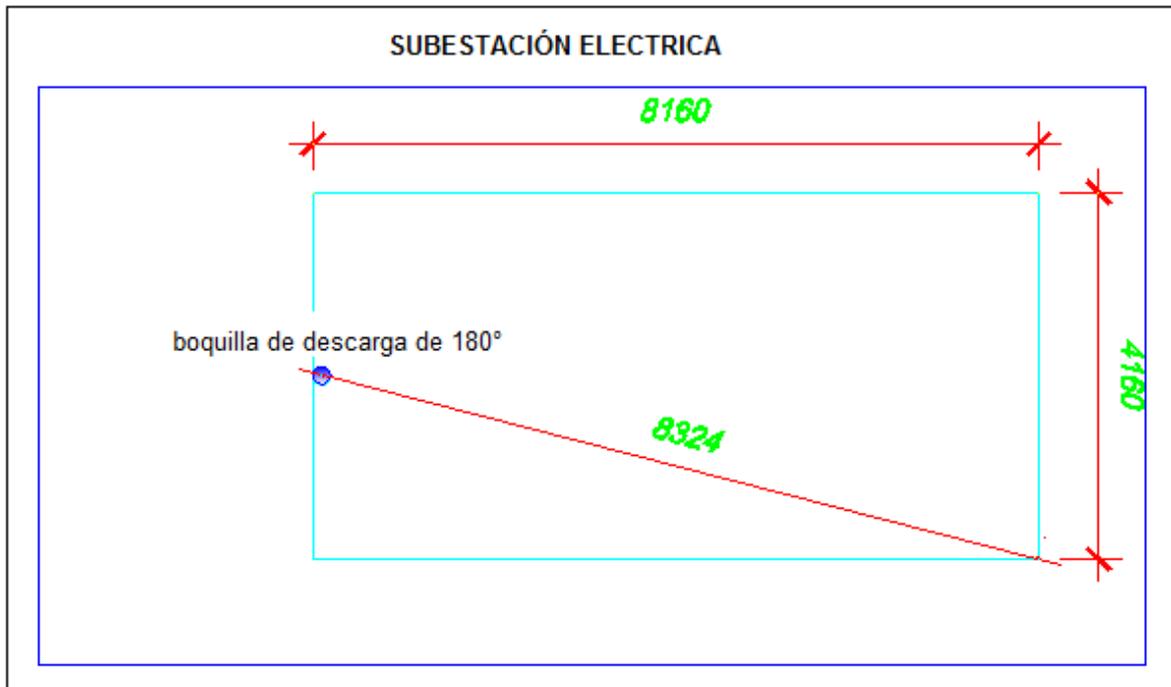
La localización y el número de boquillas se realizan en base a la cobertura mostrada en la figura 21. Las boquillas de 180° (parte izquierda de la figura) tienen un área de

cobertura máxima que se define en cualquier rectángulo que pueda inscribirse en un semicírculo de radio igual a 14.73 m o 48,3 pies (diagonal del rectángulo de 6,10 x 13,41 m ó 20x44 pies; para las boquillas de 360° (parte derecha de la figura) tienen un área de cobertura máxima de un rectángulo que pueda inscribirse en un círculo de radio igual a 9.06 m o 29.7 pies (diagonal de un rectángulo de 6,10 x 6,71 m ó 20x22 pies).



De acuerdo a esto se necesita solo una boquilla de descarga de 180°, garantizando la cobertura e inundación de todo el volumen del cuarto. Su montaje de acuerdo a la guía de Kidde Fire Systems, es en el centro del lado lateral interno de la subestación.

Intención de Diseño de Boquilla 180° en Subestación



Para el dimensionamiento de las tuberías del sistema de FM-220, se toma como referencia los valores de la tabla 3.3 para seleccionar el diámetro de la tubería. La tasa de flujo en la tubería será:

$$m = \frac{117,205 \text{ lib}}{9 \text{ seg}}$$

$$m = 13,022 \frac{\text{lib}}{\text{seg}}$$

Conforme a la tabla 3.3 Tabla de Estimación de Tuberías de la Kidde Fire Systems, el diámetro de 2 pulgadas es adecuado para el flujo calculado.

ETU's

Dimensiones ETU's: 12,460m x 5,5 m x 2.4 m

Volumen = 12,460m x 5,5 m x 2.4 m = 164,472 = 5808.273 Pies³

El volumen específico del agente sobrecalentado del FM 200 puede representarse por la fórmula: $S = 1.885 + 0.0046 t = 2,161$ (Tabla 4-7.18 SFPE Handbook of fire Protection Engineering)

Factor de corrección de 0.96 ya que La Joya de los Sachas se encuentra aproximadamente a 1000 pies snm. (NFPA 2001.Tabla 5.5 3.3)

Peso del agente requerido:

$$w = \frac{V}{S} \left(\frac{C}{100 - C} \right)$$

Dónde:

W = peso del agente en lb

V = volumen neto del cuarto ft²

s = volumen específico del agente sobrecalentado a la temperatura t (ft³/ lb)

C = concentración

T = temperatura mínima del volumen (°F)

$$w = \frac{5808.273}{2,161} \left(\frac{8.4}{100 - 8.4} \right) * 0,96$$

$$w = 236,62lib$$

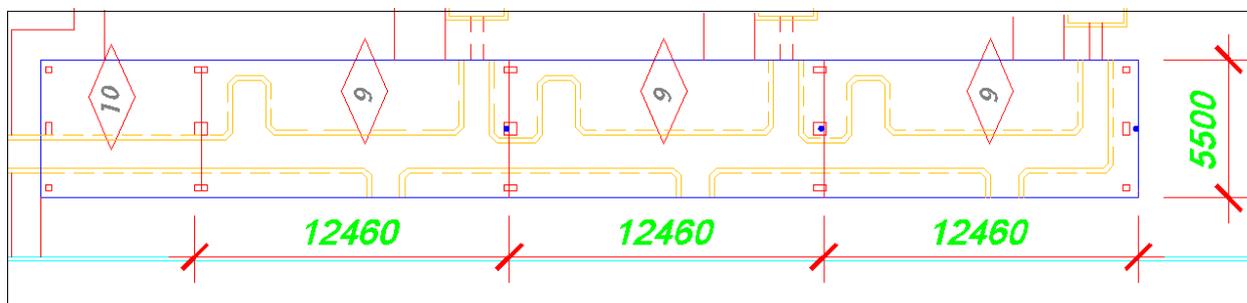
Capacidad del Cilindro = 300 lib (Kidde Fire Systems. Tabla 3-2 Cylinder).

La salida de descarga de la válvula que esta acoplada al cilindro es de 2 pulgadas. Los cilindros serán montados mediante abrazaderas para el diámetro del cilindro seleccionado. La manguera flexible que se conecte a la descarga de la válvula del cilindro será de 2 pulgadas.

Deberá tener un grupo de 4 cilindros de agente de 300 lib para cada unidad ETU y uno de reserva.

Cada ETU necesita solo una boquilla de descarga de 180°, garantizando la cobertura e inundación de todo el volumen del cuarto. Su montaje de acuerdo a la guía de Kidde Fire Systems, es en el centro del lado lateral interno de la subestación.

Intención de diseño boquilla 180° ETU



Dimensionamiento de tuberías del Sistema FM 200:

$$m = \frac{236,62 \text{ lib}}{9 \text{ seg}}$$

$$m = 26,29 \frac{\text{lib}}{\text{seg}}$$

Conforme a la Tabla 3.3 Tabla de Estimación de Tuberías Kidde Fire Systems el diámetro de 2 pulgadas es adecuado para el flujo calculado

Referencias para cálculos:

1. NFPA 2001.Tabla 5.5 3.3

Tabla 5.5.3.3 Factores de Corrección Atmosférica

Altitud Equivalente		Presión del Recinto (Absoluta)		Factor de Corrección Atmosférica
pies	km	psi	mm Hg	
-3.000	-0,92	16,25	840	1.11
-2.000	-0,61	15,71	812	1.07
-1.000	-0,30	15,23	787	1.04
0	0,00	14,70	760	1.00
1.000	0,30	14,18	733	0.96
2.000	0,61	13,64	705	0.93
3.000	0,91	13,12	678	0.89
4.000	1,22	12,58	650	0.86
5.000	1,52	12,04	622	0.82
6.000	1,83	11,53	596	0.78
7.000	2,13	11,03	570	0.75
8.000	2,45	10,64	550	0.72
9.000	2,74	10,22	528	0.69
10.000	3,05	9,77	505	0.66

2. Handbook of fire Protection Engineering Tabla 4-7.18 SFPE

Specific Volume Constants

Agents	°F		°C	
	k_1	k_2	k_1	k_2
FC-3-1-10	1.409	0.0031	0.0941	0.0003
HCFC Blend A	3.612	0.0079	0.2413	0.00088
HCFC-124	2.352	0.0057	0.1578	0.0006
HFC-125	2.724	0.0063	0.1701	0.0007
HFC-227ea	1.885	0.0046	0.1269	0.0005
HFC-23	4.731	0.0107	0.2954	0.0012
IG-541	9.7261	0.0211	0.649	0.00237
IG-01	8.514	0.0185	0.5685	0.00208
IG-55	10.0116	0.0217	—	—

Tabla 4-7.18 SFPE Handbook of Fire Protection Engineering

3. Kidde Fire Systems. Tabla 3-2 Cylinder.

Table 3-2. Cylinder, Equivalent Lengths

Part Number	Nomenclature	Discharge Outlet	Equivalent Length w/o Flex Hose		Equivalent Length w/ Flex Hose	
			ft.	m	ft.	m
90-100010-001	10 lb. Cylinder	1½"	61.8	18.84	65.0	19.81
90-100020-001	20 lb. Cylinder	1½"	61.8	18.84	65.0	19.81
90-100040-001	40 lb. Cylinder	1½"	61.8	18.84	65.0	19.81
90-100070-001	70 lb. Cylinder	1½"	61.8	18.84	65.0	19.81
90-10012X-001	125 lb. Cylinder	1½"	61.8	18.84	65.0	19.81
90-10020X-001	200 lb. Cylinder	2"	59.0	17.98	65.0	19.81
90-10035X-001	350 lb. Cylinder	2"	59.0	17.98	65.0	19.81
90-10060X-001	600 lb. Cylinder (old style)	2½"	59.0	17.98	65.0	19.81
90-10060X-100	600 lb. Cylinder (new style)	3"	50.0	15.00	80.0	24.00
90-10090X-001	900 lb. Cylinder	3"	50.0	15.00	80.0	24.00

4. Kidde Fire Systems Tabla 3.3 Tabla de Estimación de Tuberías

Tabla 3.3 Tabla de estimación de tamaños de tuberías, Kidde Fire Systems

Tamaño nominal de la tubería (pulgadas)	Caudal (lb/s)		Caudal (kg/s)	
	Diseño mínimo	Diseño nominal máx.	Diseño mínimo	Diseño nominal máx.
1/2	1	3.0	0.5	1.4
3/4	2	5.5	0.9	2.5
1	3.5	8.5	1.6	3.9
1¼	6	12.5	2.7	5.7
1½	9	20.0	4.1	9.0
2	14	30.0	6.4	13.6
2½	20	55.0	9.0	25.0
3	30	90.0	13.6	40.9
4	55	125.0	25	56.8
5	90	200.0	40.9	90.9
6	120	300.0	54.5	136.4

ANEXO VI

INTENCIÓN DE DISEÑO DE LA BODEGA

Para el diseño del sistema de supresión por agua de la bodega de materiales, el dimensionamiento del sistema está de acuerdo al tipo de riesgo se estableció del tipo Ordinario del Grupo 1, con esto se determina la demanda de agua a partir de las curvas densidad/área de la norma NFPA13.

$$\text{Área bodega} = 9,3\text{m} * 6,3\text{m} = 58,59 \text{ m}^2$$

NFPA13, sección 8.2 limita el área de protección por rociadores de riesgo ordinario a 4831 m², por lo que el área de la bodega está dentro de lo establecido. NFP 13, tabla 8.6.2.1 (b) establece que la máxima área que protege cada rociador es 130 pie². Por tanto la densidad de diseño será de 0,1 gpm/pie²

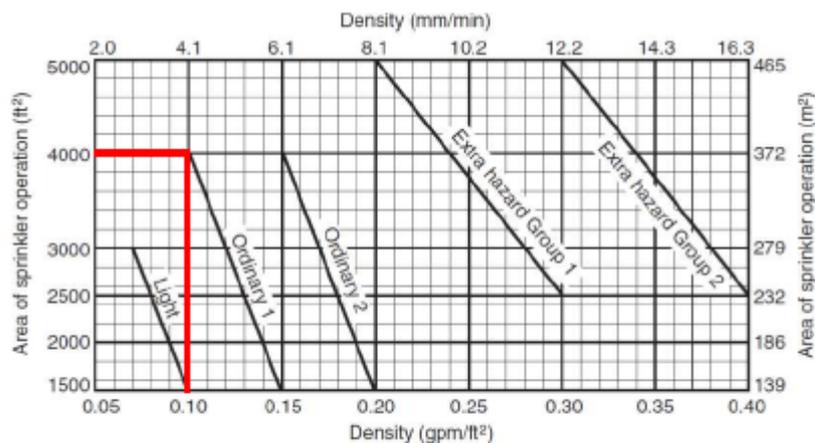


Figura 3.19 Curvas densidad/área, NFPA 13, 11.2.3.1.1

Los rociadores deberán tener un factor K de 5.6 o mayor para densidades menores a 0,1 gpm/pie² de acuerdo a NFPA13, sección 12.6. La máxima separación entre rociadores en un ramal no deberá exceder los 15 pies y no menos de 6 pies.

La velocidad del agua dentro de la tubería deberá ser un máximo de 10 pie/seg en los ramales para evitar ruido y vibraciones; y para los cabezales será mínimo 10 pies/seg y máxima 20 pie/seg ya que la NFPA 13 establece esa velocidad mínima para la limpieza de tuberías de alimentación por el flujo que circula y evitar vibraciones. Además, el diámetro nominal mínimo de un ramal debe ser mínimo 1 pulgada.

La NFPA 13, distingue varios tipos de tubería por su finalidad:

- Ramales: Son las tuberías en las cuales se colocan los rociadores, ya sea directamente o a través de neoplos.
- Tuberías principales transversales: Son las tuberías que alimentan a los ramales, ya sea directamente o a través de tuberías ascendentes o montantes.
- Tuberías principales de alimentación: Son las tuberías que alimentan a las tuberías principales transversales, ya sea directamente o a través de tuberías de alimentación verticales.

Finalmente NFPA 13 sección 8.16.2 indica que la red contra incendio debe poseer un sistema de drenaje para que el agua pueda ser evacuada posterior a que el sistema haya trabajado debido a un conato.

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ROCIADORES DE BODEGA

$$\text{Área bodega} = 9,3\text{m} * 6,3\text{m} = 58,59 \text{ m}^2 = 630.657 \text{ pie}^2.$$

Número de rociadores en el área de diseño.

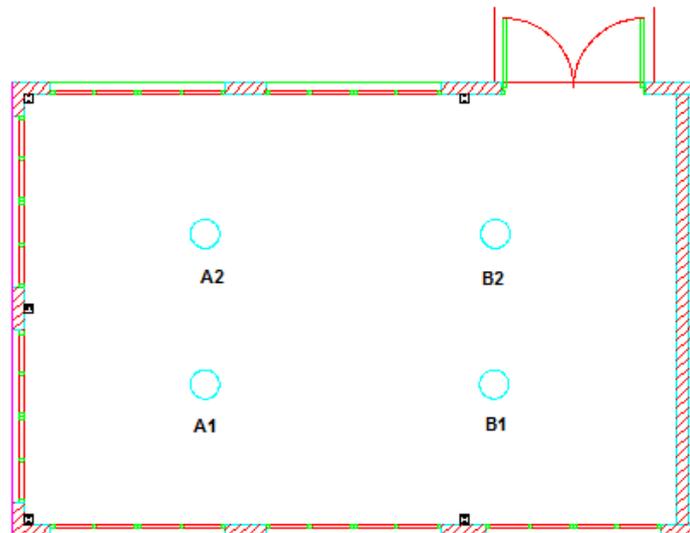
$$\# \text{ de rociadores} = \frac{\text{área}_{\text{protección}}}{\text{área}_{\text{por rociador}}}$$

$$\# \text{ de rociadores} = \frac{630,657 \text{ pie}^2}{130 \text{ pie}^2}$$

$$\# \text{ de rociadores} = 4,85$$

La distribución de los rociadores para proteger el área de bodega tomando en cuenta la cobertura del rociador es:

Intención de diseño de rociadores Bodega



El caudal mínimo que requiere el rociador más lejano está dado por:

$$Q = \text{densidad de diseño} * \text{área de cobertura}$$

$$Q = 0,1 \text{ (gpm/pie}^2) * 130 \text{ (pie}^2)$$

$$Q = 13 \text{ gpm}$$

La presión mínima de diseño en el rociador más lejano, según NFPA es:

$$P = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

$$P = \left(\frac{13}{5,6} \right)^2$$

$$P = 5,4 \text{ psi}$$

INTENCIÓN DE DISEÑO HTU (TRATAMIENTO DE COMBUSTIBLE)

Se debe proporcionar un cubrimiento máximo por rociador de 9m^2 (100 ft²) para líquidos con punto de inflamación menor de 93°C (200°F) y de 12m^2 (130 ft²) para líquidos con punto de inflamación mayor de 93°C (200°F). FM 7-32: 2.1.8.4

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ROCIADORES DE MDU y HTU

$$\text{Área MDU} = 12,9\text{m} * 2,7\text{m} = 34,83\text{m}^2 = 374.906 \text{ pie}^2.$$

Número de rociadores en el área de diseño.

$$\# \text{ de rociadores} = \frac{\text{área}_{\text{protección}}}{\text{área}_{\text{por rociador}}}$$

$$\# \text{ de rociadores} = \frac{374,906 \text{ pie}^2}{100 \text{ pie}^2}$$

$$\# \text{ de rociadores} = 3,74$$

La distribución de los rociadores para proteger el área de bodega tomando en cuenta la cobertura del rociador es:

Intención de Diseño de rociadores MDU y HTU

El caudal mínimo que requiere el rociador más lejano está dado por:

$$Q = \text{densidad de diseño} * \text{área de cobertura}$$

$$Q = 0,1 \text{ (gpm/pie}^2) * 100 \text{ (pie}^2)$$

$$Q = 10 \text{ gpm}$$

La presión mínima de diseño en el rociador más lejano, según NFPA es:

$$P = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

$$P = \left(\frac{10}{5,6} \right)^2$$

$$P = 3,19 \text{ psi}$$

Las dimensiones de los MDU y HTU de la Central Térmica Sacha son las mismas para cada unidad, es decir que el mismo calculo se repetiría por 15; 12 MDU y 3 HTU.

Referencias para cálculos:

1. NFPA Tabla 8.6.2.1.(b)

Tabla 8.6.2.1(b) Áreas de Protección y Espaciamento Máximo (Rociado Estándar Montante/Rociado Estándar Colgante) para Riesgo Ordinario

Tipo de Construcción	Tipo de Sistema	Área de Protección		Espaciamento (máximo)	
		pies ²	m ²	pies	m
Todos	Todos	130	12,1	15	4,6

ANEXO VII

INTENCIÓN DE DISEÑO ZONA DE ALMACENAMIENTO DE TANQUES

Para este análisis se tomó como información el contenido de combustibles LFO Fuel Oil No. 2 con puntos de inflamación (Flash Point) mínimo de 55°C y el HFO Fuel Oil No. 6 con puntos de inflamación (Flash Point) mayores de 60°C. Su clasificación está en el rango de Clase IIIA y Clase IIIB respectivamente.

Al no cumplir con estas distancias de la Tabla C se tiene el riesgo de afectación a la radiación térmica del tanque incendiado a los tanques vecinos y requieren refrigeración para protección a la radiación.

CALCULO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

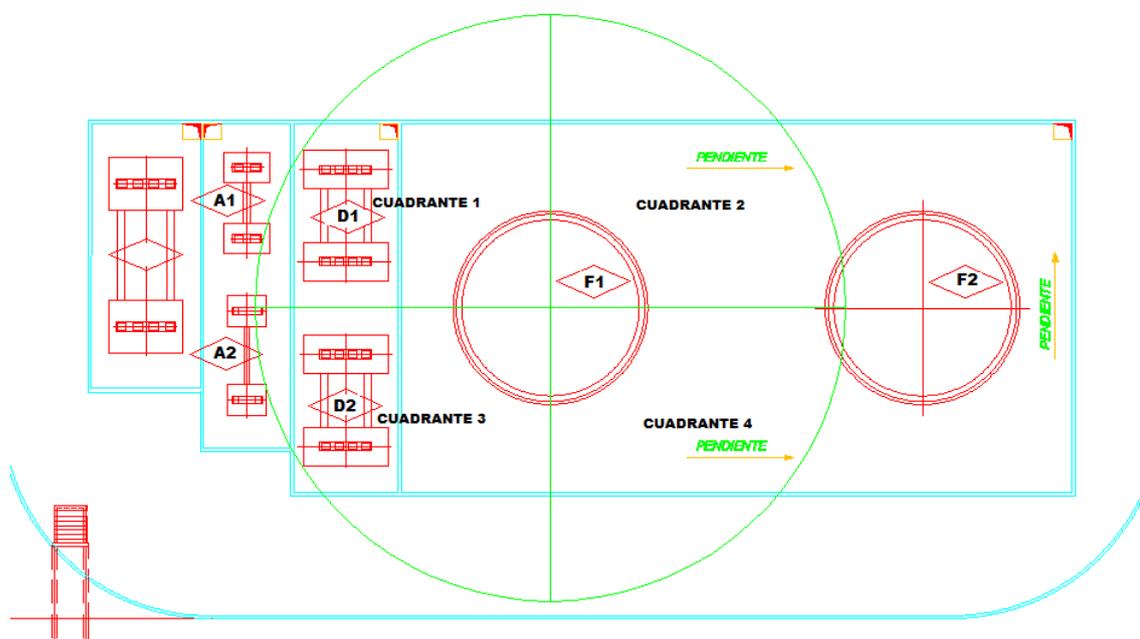
Considerado el Tanque de Fuel Oil como el mayor riesgo se requiere agua para el enfriamiento de las paredes de dicho tanque y las zonas aledañas, además del agua necesaria para la generación de espuma.

Se toma en cuenta las instalaciones comprendidas en un radio 2D.

Tasa de aplicación para consumo de agua del tanque incendiado = 0,2 gpm/pie²

Tasa de aplicación para consumo de agua de las instalaciones adyacentes = 0,1 gpm /pie²

TANQUE SUPUESTO INCENDIADO: FUEL OIL F1



Cuadrante 1:

Consumo de agua para enfriamiento del tanque supuesto incendiado y tanques adyacentes. Q1 gpm /pie²

$$\text{QTK F1 supuesto incendiado} = \frac{1}{2} (0,2 * \pi * D * H)$$

$$\text{QTK F1 supuesto incendiado} = \frac{1}{2} (0,2 * \pi * 36,25 * 30,463)$$

$$\text{QTK F1 supuesto incendiado} = 347 \text{ gpm /pie}^2$$

$$\text{QTK D1 adyacente} = \frac{1}{2} (0,1 * \pi * d * h) + (0,1 * \pi * \frac{D^2}{H})$$

$$\text{QTK D1 adyacente} = \frac{1}{2} (0,1 * \pi * 9,35 * 24,61) + (0,1 * \pi * \frac{(36,25)^2}{30,463})$$

$$\text{QTK D1 adyacente} = 50 \text{ gpm /pie}^2$$

$$\text{QTK A1 adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * d * h) + (0,1 * \pi * \frac{D^2}{H})$$

$$\text{QTK A1 adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * 5,97 * 24,934) + (0,1 * \pi * \frac{(36,25)^2}{30,463})$$

$$\text{QTK A1 adyacente} = 37 \text{ gpm /pie}^2$$

$$Q1 = 347 + 50 + 37$$

$$Q1 = 434 \text{ gpm /pie}^2$$

Cuadrante 2:

Consumo de agua para enfriamiento del tanque supuesto incendiado y tanques adyacentes. Q2 gpm /pie²

$$\text{QTK F2 adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * d * h) + (0,1 * \pi * \frac{D^2}{H})$$

$$\text{QTK F2 adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * 36,25 * 30,463) + (0,1 * \pi * \frac{(36,25)^2}{30,463})$$

$$\text{QTK F2 adyacente} = 187,01 \text{ gpm /pie}^2$$

$$Q2 = 347 + 187,01$$

$$Q2 = 534,01 \text{ gpm /pie}^2$$

Cuadrante 3:

Consumo de agua para enfriamiento del tanque supuesto incendiado y tanques adyacentes. Q3 gpm /pie²

$$\text{QTK D2 adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * d * h) + (0,1 * \pi * \frac{D^2}{H})$$

$$\text{QTK D2 adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * 9,35 * 24,61) + (0,1 * \pi * \frac{(36,25)^2}{30,463})$$

$$\text{QTK D2 adyacente} = 50 \text{ gpm /pie}^2$$

$$\text{QTK A1 2adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * d * h) + (0,1 * \pi * \frac{D^2}{H})$$

$$\text{QTK A2 adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * 5,97 * 24,934) + (0,1 * \pi * \frac{(36,25)^2}{30,463})$$

$$\text{QTK A2 adyacente} = 37 \text{ gpm /pie}^2$$

$$\text{Q3} = 347 + 50 + 37$$

$$\text{Q3} = 434 \text{ gpm//pie}^2$$

Cuadrante 4:

Consumo de agua para enfriamiento del tanque supuesto incendiado y tanques adyacentes. Q2 gpm /pie²

$$\text{QTK F2 adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * d * h) + (0,1 * \pi * \frac{D^2}{H})$$

$$\text{QTK F2 adyacente} = \frac{1}{2}(0,1 * \pi * 36,25 * 30,463) + (0,1 * \pi * \frac{(36,25)^2}{30,463})$$

$$\text{QTK F2 adyacente} = 187,01 \text{ gpm /pie}^2$$

$$\text{Q4} = 347 + 187,01$$

$$\text{Q4} = 534,01 \text{ gpm /pie}^2$$

CUADRANTE DE MAYOR CONSUMO DE AGUA

$$Q2 = Q4 > Q1 = Q3$$

$$Q_{tk} = 534,01 \text{ gpm}$$

En ningún caso, el requerimiento total de agua contra incendios en una instalación de almacenamiento, será menor de 227 m³/h (2.000 GPM).

CAUDAL TOTAL PARA ENFRIAMIENTO 2000 GPM.

Referencia para cálculos:

1. Tabla C. Typical Tank to Tank Spacing for Fire Consequences

<p align="center">Table C TYPICAL TANK TO TANK SPACING FOR FIRE CONSEQUENCES Explosion & Toxic concerns may require greater spacing D = Diameter (larger of two tanks); Horizontal Distances (Ft) Extracted from IRI IM.2.5.2</p>											
<p>Copyright 2003, AIChE May not be reproduced without permission</p>	Test Reference	FLOATING & CONE Roof Tanks (< 3,000 bbl)	FLOATING & CONE Roof Tanks (3,000 to 10,000 bbl)	FLOATING & CONE Roof Tanks (10,000 to 300,000 bbl)	FLOATING & CONE Roof Tanks (10,000 to 300,000 bbl)	FLOATING & CONE Roof Tanks (10,000 to 300,000 bbl)	FLOATING & CONE Roof Tanks (>300,000)	Low Pressure Storage (up to 15 PSIG) < 10,000 gals	Low Pressure Storage (up to 15 PSIG) > 10,000 gals	High Pressure Storage (Bullet Spheres)	Refrigerated Dome Roof Storage Tanks
	5.9	0.5 x D	0.5 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D
	5.9	0.5 x D	0.5 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D
	5.9	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D
	5.9	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D
	5.9	0.5 D	0.5 D	1 x D	1 x D	0.5 D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D
	5.9	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D
	5.9	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D
	5.9	1.5 x D	1.5 x D	1.5 x D	1.5 x D	1.5 x D	2 x D	1 x D	1 x D	1 x D	1 x D
	5.9	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	1 x D
	5.9	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	2 x D	1 x D

* Cone Roof Tanks, not inerted, containing class 1 materials - see text

CAUTION:

- Tables A through E include typical spacing values. Explanatory text is included in Chapters 5 and 6.
- The typical spacing distances cited in Tables A through E are based on potential fire consequences (explosions, toxic, and security concerns may require greater spacing). Variations in spacing may be warranted based on site-specific hazards and risks. Distances may be reduced or increased based on risk analysis or when additional layers of protection are implemented (such as fire protection or emergency shutdown systems).
- This table is not applicable to enclosed process units.

ANEXO VIII

INTENCIÓN DE DISEÑO DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ESPUMA

Se realizó el cálculo en base al área de mayor requerimiento de agua Tanque de HFO.

Diámetro : 109,64 pies

Altura : 30.463 pies

Capacidad : 184000 galón

Área superficial = $2 \pi * r^2$

Área superficial = 18882,48 pie²

Cantidad de concentrado de espuma

Según la norma Petroecuador PE-SHI-019 (7.2.2.1.2), la tasa de aplicación y duración de la descarga para los tanques techo fijo es 0,1 gpm/ pie² de superficie libre del líquido contenido en el tanque. La duración mínima de la descarga de espuma para la inyección superficial y bajo superficie para líquidos inflamables clase IIIB es de 25 minutos.

$$Q_e = \frac{A_c * T_a * t_d * \%e}{100}$$

Dónde:

Q_e = Concentrado de espuma m³ (gal)

A_c = Área de Cobertura –m² (pie²).

T_a = Tasa de aplicación –m³/hora x m² (gpm/pie).

T_d = Tiempo de la descarga –h (min.).

$\%e$ = porcentaje de concentrado de espuma en la solución agua concentrado

$$Q_e = \frac{Ac * Ta * td * \%e}{100}$$

$$Q_e = \frac{2\pi * 18,125^2 * 0,1 * 25 * 3}{100}$$

$$Q_e = 154,81 = 155 \text{ galones de espuma}$$

Identificación del tanque	Diámetro TK (metro)	Tasa mínima de aplicación gpm/pie2	Cantidad de Cámara de espumas	Tiempo de descarga con salidas cámaras (minutos)	Cantidad de concentrado de espuma (galones)
Fuel Oil N°6	33.82	0.1	2	55	257

Fuente NFPA 11, edición 2010

Cantidad de mangueras

La duración mínima de la descarga de espuma con monitores y mangueras para líquidos inflamables clase IIIB es de 35 minutos, deben descargar como mínimo 50 gpm (Norma PE.SHI.019)

Q 1 = cantidad de agua.espuma debido a la protección adicional

Q1 = descarga mínima * N° de mangueras * Tiempo Mínimo

$$Q1 = 50 * 2 * 35$$

$$Q1 = 3500 \text{ galones agua espuma} * 0,03$$

$$Qe2 = 105 \text{ galones espuma}$$

Identificación del tanque	Diámetro TK (metro)	Descarga mínima gpm	Cantidad de Mangueras	Tiempo mínimo de operación
Fuel Oil N°6	33.82	50	2	30

Fuente NFPA 11, edición 2010

Total Galones de Espuma

$$V_e = Q_e + Q_e^2$$

$$V_e = 155 + 105 \text{ galones de espuma}$$

$$V_e = 260 \text{ galones de espuma}$$

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE PROPORCIONADOR DE ESPUMA

Con los cálculos realizados se obtuvieron 256 galones de espuma, cuyo valor esta en el rango de flujo de 70 – 450 GPM por lo cual el requerimiento mínimo de un proporcionador de espuma modelo 3”RCT impulsado por una bomba de 25 GPM a 150PSI con motor eléctrico de 5hp.

TAMAÑO Y MODELO DEL PROPORCIONADOR	RANGO DE FLUJO GPM (LPM)	BOMBA DE LÍQUIDO Y MOTOR
2" RCT	30 – 180 (114 – 681)	15 GPM (57LMP) A 150 PSI (1034 KPa) con motor 5HP
2" RCV	30 – 180 (114 – 681)	15 GPM (57LMP) A 150 PSI (1034 KPa) con motor 5HP
3" RCT	70 – 450 (265 – 1073)	25 GPM (95LMP) A 150 PSI (1034 KPa) con motor 5HP
4" RCF	150 – 1200 (568 – 4542)	50 GPM (189LMP) A 150 PSI (1034 KPa) con motor 10 HP
6" RCF	300 – 2500 (1136 – 9464)	100 GPM (379LMP) A 150 PSI (1034 KPa) con motor 15 HP
8" RCF	850 – 5000 (3218 – 18927)	175 GPM (662LMP) A 150 PSI (1034 KPa) con motor 30 HP

Fuente: National Foam Engineering Manual, Sección III

El proporcionador adquirido cumple con los cálculos obtenidos.

DETERMINACIÓN DEL FORMADOR DE ESPUMA (QAE)

$$Q_{ac} = (\text{tasa de aplicación} * \text{Área}) + (\text{descarga mínima} * \text{N}^{\circ} \text{mangueras})$$

$$Q_{ac} = (2 \pi * 18,125^2 * 0,1) + (50 * 2)$$

$$Q_{ac} = 306,41 \text{ GPM}$$

Mediante la capacidad que se tiene que cubrir de 307 GPM se procede a seleccionar el tipo y número de formadores de espuma de la tabla:

FOAM MAKER MODEL N°	CAPACIDAD DE DISEÑO a 150 psi (1043 KPa)		PESO	
	GPM	LPM	Lbs	Kgs
PHB-10 A (FIJO)	100	379	9	4,1
PHB-10 A (PORTATIL)	100	379	10	4,5
PHB-15 A (FIJO)	150	568	9	4,1
PHB-15 A (PORTATIL)	150	568	10	4,5
PHB-20 A (FIJO)	200	757	9	4,1
PHB-20 A (PORTATIL)	200	757	10	4,5
PHB-25 A (FIJO)	250	946	9	4,1
PHB-25 A (PORTATIL)	250	946	10	4,5
PHB-30 A (FIJO)	300	1136	9	4,1
PHB-30 A (PORTATIL)	300	1136	10	4,5
PHB-35 A	350	1325	40	18,1
PHB-40 A	400	1514	40	18,1
PHB-45 A	450	1703	40	18,1
PHB-50 A	500	1892	40	18,1
PHB-55 A	550	2082	40	18,1

Fuente: National Foam Engineering Manual, Sección VI

La alternativa es emplear 2 foam makers del modelo PHB-20A fijo con una capacidad de 200 gpm cada uno, con una presión de entrada de 150 psi.

Volumen de agua para la formación de solución agua espuma (va)

$$V_a = V_{ae} - V_e$$

$$V_a = 8661 - 260$$

$$V_a = 8401 \text{ galones de agua.}$$

ANEXO IX

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

Con el cálculo de agua requerido para enfriamiento del área de mayor riesgo, con la capacidad mínima de 2 horas (NFPA 850, 6.2.6.2), tenemos:

Total H₂O = volumen de agua para la formación de solución agua espuma + agua para enfriamiento

$$\text{Volumen mínimo de agua} = 2000 \frac{\text{gal}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} * 2 \text{ horas}$$

Volumen mínimo de agua = 240000 galones

Total mínimo H₂O = (8401 + 240000) galones

Total mínimo H₂O = 248401 galones

Tanque	Capacidad	Unidad
Actual	104000	galón
Requerido	248401	galón

El almacenamiento actual de agua no abastece al requerimiento mínimo de agua para el SCI.

Tanques diesel, aceite y cieno y Descarga de Combustibles

Para los tanques de diesel, aceite y cieno y Descarga de combustible, se propone hidrantes monitores de 4 pulgadas con boquillas Hidrofoam conectados cada a la red de tubería de concentrado de espuma AFFF.