

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
ECUADOR**

Colegio de Postgrado

**UNIVERSIDAD DE HUELVA
ESPAÑA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA HÍDRICO PARA COMBATE DE
INCENDIOS EN PLANTA “ALÓAG” DE ACERÍA DEL ECUADOR
S.A. “ADELCA”**

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Master en Seguridad Salud y Ambiente

ANDRÉS PATRICIO PAZ MOLINA

Quito, 11 de Mayo del 2010

© **Derechos de autor:** Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5:

“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.” (Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

Inscribir el derecho de autor es opcional y si el estudiante lo decide debe inscribir los derechos de autor en el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual (IEPI). Si lo va a hacer internacionalmente debe tomar en cuenta las normas internacionales para microfilmado.

DEDICATORIA

A Isabel, para que sea ejemplo de vida, hoy que empieza su andar en la misma.
A Belén, por su amor, apoyo y ayuda
A Susana, por permitir que esto sea realidad

AGRADECIMIENTO

A todos los que contribuyeron a que esto se haga realidad, en especial a mi hermano, Paúl, por su apoyo y ayuda incondicional, sin la cual esto no hubiese podido llevar a cabo.

Mención especial debe ser realizada a los Ingenieros que forman parte de AVS Ingeniería, en especial a su Director Técnico, César Villavicencio; a ACPI, en especial al Ing. Alcides Rivera por sus enseñanzas.

Muy especiales agradecimientos a mis padres: Susana, Patricio; a mi hermano Paúl, mi esposa, Belén y mi hija, Isabel; por el tiempo que me entregaron para que este documento sea una realidad el día de hoy.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
1. INTRODUCCIÓN:.....	8
1.1. Descripción de la Empresa o Área de Trabajo:	8
1.2. Problema que se pretende abordar:	9
1.3. Justificación del estudio:	9
1.4. Revisión de la literatura, antecedentes o fundamentos teóricos:	10
2. OBJETIVOS:.....	13
2.1. Objetivo general:	13
2.2. Objetivos específicos:	13
2.3. Objetivos secundarios (colaterales):	14
3. METODOLOGÍA:.....	14
3.1. Población y Muestra.	14
3.2. Tipo de Estudio y de diseño:	15
3.2.1. Estudio de los equipos contra incendios existentes.....	15
3.2.2. Reubicación y manejo de los extintores presentes en Planta Aloag... 20	
3.2.3. Estructura del Sistema de Agua Presurizada.....	22
3.2.3.1. Dotación de agua para el Sistema Presurizado:.....	23
3.2.3.2. Equipamiento Requerido para el Sistema Hídrico Planeado.....	26
3.2.3.3. Sistema de Bombeo.....	26
3.2.3.4. Tuberías.....	30
3.2.3.5. Equipo para control de incendio de tanques de combustible:.....	33
3.2.3.6. Tipo de Espuma a utilizar.....	36
3.2.3.7. Instalaciones Civiles:.....	37

3.2.3.8.	Costo de los equipos:.....	38
3.2.4.	Formación y equipamiento de Brigadas de Bomberos Industriales ...	38
3.3.	Estudio de eventos suscitados dentro de las Instalaciones	39
3.3.1.	Incendio de chatarra, vía de acceso a la Empresa:	40
3.3.2.	Incendio del puente grúa de 80 Toneladas, Planta Acería.....	40
3.3.3.	Incendio de sistema de suspensión de horno eléctrico, Planta Acería	41
3.4.	Conclusiones :	42
4.	Anexos:.....	43
4.1.	ANEXO A: Hoja Técnica Bomba centrífuga tipo horizontal, marca AC PUMP ITT, serie 8100.	43
4.2.	ANEXO B: Hoja Técnica Motor marca Clarke, modelo JU4H-UF30.....	46
4.3.	ANEXO C: Hoja Técnica Controlador Bomba Diesel.....	49
4.4.	ANEXO D: Hoja Técnica Controlados Bomba Jockey	54
4.5.	ANEXO E: Hoja Técnica Válvulas 6 pulgadas.....	59
4.6.	ANEXO F: Planos de Proyecto de Diseño.	63
4.7.	ANEXO H: Cálculo teórico de equipos.	67
4.8.	ANEXO G: Costeo de Equipos propuestos para el uso dentro del proyecto.	68
5.	Bibliografía:.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Peso de Extintores Presentes en ADELCA.....	16
Tabla 2: Libras de PQS por área.....	17
Tabla 3: Necesidad de Extintores existentes en Planta Laminados.....	21
Tabla 4: Necesidad de Extintores presentes en el área admnistrativa.....	22
Tabla 5: Necesidad de Extintores en Planta Trefilados y Galpones de Despacho	22
Tabla 6:Necesidad de Extintores en Planta Acería.....	22
Tabla 7: Característica Físico Químicas del Agua de Pozo Profundo “Acería”	25
Tabla 8: Tabla de costos para construcción del Sistema Planteado.	67

1. INTRODUCCIÓN:

1.1. Descripción de la Empresa o Área de Trabajo:

Desde 1963, ACERÍA DEL ECUADOR C.A. - ADELCA ha mantenido una permanente producción e innovación en productos de acero de alta calidad.

Los procesos de Acería, Laminado y Trefilado que se llevan acabo de sus instalaciones, requieren que se realicé operaciones que requieren de manejo de hidrocarburos, los cuales, se encuentran almacenados dentro de Tanques, los cuales se distribuyen dentro de toda la instalación, acorde a las demandas de las distintas áreas y a los distintos procesos que en ella se realicen.

La concentración de hidrocarburos, demandados principalmente por el Proceso de Laminación de Palanquilla de Acero en Caliente y el manejo de vehículos pesado destinados a la manipulación y manejo de Producto terminado, palanquilla de acero y chatarra, que requieren de hidrocarburos para su desplazamiento dentro de las instalaciones, han determinado la necesidad de realizar el diseño de un Sistema de Combate de Incendios para Depósitos de Combustibles dentro de la Planta "Alóag" de ADELCA; la cual se encuentra junto a la población del mismo nombre, a una distancia de 8 kilómetros de la ciudad de Machachi, en donde se cuenta con un Cuerpo de Bomberos Profesional, el cual en condiciones óptimas de traslado demorarían aproximadamente 15 minutos en llegar a la instalación, lo cual hace indispensable la existencia de un Sistema Presurizado Multipropósito para el manejo de un incendio dentro de las dependencias de la Empresa.

El Sistema, permitiría brindar un servicio a la Comunidad circundante, ya que dentro de la parroquia de Aloag, no existe un Sistema de Agua Potable con una presión

suficiente para el combate de un incendio; existiendo el hidrante más cercano a una distancia de 9 Km., en el sector de Aychapichu, dentro del cuartel de la Brigada “Patria” del Ejército Ecuatoriano.

1.2. Problema que se pretende abordar:

Se pretende elaborar un Plan de Manejo de Emergencias y un Plan de Contingencias que permita reiniciar de la manera más rápida posible las actividades normales dentro de la Instalación, el cual se estructuraría en base al Diseño y posterior Construcción de un Sistema Presurizado de Agua-Espuma para el combate de Incendios dentro de los Depósitos de Combustible dentro de la Instalación.

1.3. Justificación del estudio:

La necesidad de reducir posibles daños dentro de las instalaciones de ADELCA, evitar daños a infraestructuras o equipos de difícil reemplazo, así como el hecho de reducir los tiempos de respuestas ante emergencias y disminuir los posibles costos derivados del combate de incendios y posteriores reparaciones para el reinicio de actividades normales dentro de las áreas productivas de la Empresa, hacen imperiosa la necesidad de construir un sistema de combate de incendio para los Depósitos de Combustible existentes en la misma.

Debido a daños críticos que podrían ocasionarse dentro de la Empresa, podrían generar problemas en el mercado del acero ecuatoriano, ya que ADELCA maneja un porcentaje superior al 50% de participación en el mismo, lo que provocaría un riesgo de desabastecimiento y especulación.

La ausencia de Sistemas Públicos de Respuesta de Emergencias cercano a la instalación, que cuente con las suficientes herramientas y presten una rápida

respuesta ante un incendio de grandes depósitos de combustible, requiere que la industria se encuentre lista para una rápida respuesta para el manejo y control de este tipo de riesgo, lo que provocará que se reduzca el tiempo de respuesta a la misma, se disminuya la generación de efluentes líquidos, sólidos y gaseosos, así como evitar reclamos de población cercana por emanaciones de gases, humos y vapores. Actualmente no se cuenta con un sistema que permita manejar estas actividades y reducir los costos y daños que podrían producirse dentro de las instalaciones de ADELCA.

Además, la presencia de un Sistema de Agua Presurizada, conjuntamente con elementos de alarma y señalización para el manejo de evacuación de áreas, permitiría reducir las primas que las Empresas Aseguradoras cobran a la Empresa por el aseguramiento de las instalaciones por prima del Seguro Contra Todo Riesgo, el cual incluye los riesgos de incendio y/o explosión.

Como parte del compromiso de la Empresa con la comunidad, ADELCA permitirá el uso del Sistema de Agua presurizada para el manejo de los conatos de incendio o eventos que podrían ocurrir dentro de la parroquia de Aloag, logrando una mayor vinculación entre la empresa y las comunidades circundantes.

1.4. Revisión de la literatura, antecedentes o fundamentos teóricos:

Las pérdidas de recursos por incendios de los depósitos de combustibles provocan grandes paralizaciones en empresas industriales, las cuales no consideran los riesgos de manejo de estos elementos.

Los grandes depósitos de combustibles, en especial los relacionados a combustibles pesados, tales como el Fuel Oil #6, conocido dentro del país como Bunker y el Fuel Oil #2 o Diesel requieren de acuerdo a Normas Nacionales e Internacionales, Sistemas Presurizados de Agua para el combate de incendios.

La extinción del fuego para combustibles se realizaría por medio de la sofocación y enfriamiento de este elemento, lo que se logra al dotar de un Sistema de generación de Espuma acorde al volumen de combustible presente. La generación de espuma se puede realizar por medio de elementos y equipos específicos para el proceso o a su vez, al realizar una instalación de lanzas hidráulicas de uso dual, las cuales funcionarían acorde a los requerimientos que se observen durante la emergencia.

Las pérdidas por incendio en depósitos de combustibles, han provocado la paralización de grandes industrias, con un promedio de 10 días para la revisión del estado de tuberías y construcción de instalaciones temporales para el manejo y depósito de combustibles. Dentro del Ecuador, no se cuentan con datos sobre incendios de tanques de almacenamiento de combustible.

El diseño de los sistemas de combate de incendio acorde a la Normativa NFPA 30, permitirán a la empresa contar con un Sistema de Agua presurizada, con lo cual se asegura que el diseño de las instalaciones propuestas cumplirá con estos preceptos.

El cumplimiento con la Ley de Defensa contra Incendios, especifica que se debe contar con los elementos necesarios para el combate de incendios en instalaciones propias, así como la legislación ambiental, compendiada en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, requiere que se controle y minimice la generación de residuos peligrosos generados a partir del manejo de una emergencia; así como el tratamiento y disposición adecuada posterior al manejo de la misma.

De igual manera, la revisión de la Norma NFPA 10, las normas INEN 182:1987 y el Reglamento de Aplicación a la Ley de Defensa contra Incendios, exige una distribución específica de los extintores en las áreas de trabajo, así como las distancias mínimas y máximas a ser cubiertas por cada uno de los implementos; de manera tal, que se asegure el adecuado manejo de un conato de incendio.

La instalación de detectores de humo o calor dentro de las áreas productivas, se dificulta por las altas temperaturas bajo las que se realizan los procesos de fundición de chatarra, laminación y trefilación de acero; así como el polvo que se genera en cada uno de los procesos.

La necesidad de garantizar una fuente de agua, determine que se haya revisado la Ley de Recursos Hídricos, para determinar si existe la posibilidad del uso de una concesión de fuentes de de agua subterránea para el manejo de Incendios, garantizando la dotación de este fluido dentro del Sistema Presurizado que se plantea diseñar.

De igual manera, debe cumplirse con lo estipulado en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario, en lo relacionado al manejo de los efluentes, producto del manejo de la emergencia que podría suscitarse dentro del área.

2. OBJETIVOS:

2.1. Objetivo general:

Diseñar elementos y estructuras necesarias para manejar un incendio dentro de las instalaciones de ADELCA, priorizando los depósitos de combustibles y áreas críticas de la Empresa, que permita reducir costos y garantizar la seguridad de los trabajadores y población aledaña a la instalación.

2.2. Objetivos específicos:

- Verificar la necesidad de recursos hídricos, su fuente y estabilidad para el manejo y control de un evento de manejo de emergencia por incendios
- Determinar la necesidad de recursos económicos y humanos para la formación de los equipos para el combate de incendios.
- Verificar la factibilidad de construcción de elementos de control de manejo de incendios dentro de la instalación
- Establecer y plantear diseños para la futura construcción de los dispositivos
- Determinar la actual cobertura de extintores, iluminación de emergencia y otros elementos necesarios para garantizar el manejo de conatos de incendio y la evacuación segura del personal de áreas de trabajo.

2.3. Objetivos secundarios (colaterales):

- Determinar controles efectivos que minimicen el impacto ambiental sufrido por el entorno a la Planta Industrial, en especial, con la población de Alóag.
- Garantizar el reinicio de actividades de la manera más rápida posible, con el menor coste, minimización de daños y reducción de costos por reemplazo o reparación de instalaciones.
- Estandarizar elementos para manejo de conatos de incendio, de manera tal, que se reduzcan costos de mantenimiento y recambio dentro de un período de 10 años.
- Permitir el uso de instalaciones a servicios públicos de combate de incendios, por medio de instalación de hidrantes para el suministro de agua presurizada para el combate de incendios.

3. METODOLOGÍA:

3.1. Población y Muestra.

Se considerará dentro del estudio los depósitos de combustible existentes dentro de la instalación, incluyendo dentro del mismo los de uso diario y los de suministro interno de combustibles. Se plantea que se mantenga un anillo de protección perimetral, al cual se conectará todo los elementos de protección que se plantean instalar dentro de la Empresa, tanto en zonas de producción; así como en zonas administrativas o de servicio. No se considera dentro del estudio los recipientes que almacenan Gas Licuado de Petróleo, debido a que estos elementos ya cuentan con un sistema de extinción de incendios, por lo cual, el Sistema que se plantea servirá como complemento y respaldo en caso de que los existentes presenten fallos o daños del mismo.

De igual manera, se verificará la instalación de extintores de incendio presentes en el área, sus características y errores de distribución que podrían existir al momento, la deficiencia de cobertura o la necesidad de reemplazo de equipos por no cumplir con especificaciones técnicas que garanticen seguridad en su uso y manejo.

3.2. Tipo de Estudio y de diseño:

3.2.1. Estudio de los equipos contra incendios existentes

ADELCA, dentro de la estructura de manejo de equipos para combate de incendios cuenta con un conjunto de extintores y un Sistema de agua presurizada que sirve a un sistema de sprinklers para el enfriamiento y el manejo de algún tipo de emergencia relacionada a las bombonas de gas licuado de petróleo de 3 metros cúbicos de capacidad.

El sistema de agua presurizada esta alimentado de la piscina de agua de enfriamiento de la Planta de Acería, el cual tiene una capacidad de 2775 metros cúbicos de agua, de los cuales la Acería utiliza para procesos de enfriamiento el 25% de la capacidad almacenada, encontrándose la misma sobredimensionada debido a la necesidad de generar una presión estática que permita asegurar un empuje en caso de cortes de energía, lo que garantizaría el paro y evacuación segura del acero fundido presente en el horno de fundición, horno de afino y los procesos de conformación de la barra o “palanquilla” de acero.

De igual manera se cuenta con 3 Bocas de Incendio Equipadas, con un hidrante equipado, el cual se encuentra localizado en la Planta de Oxígeno

Criogénico, que es manejada por la Empresa Indura, el cual es presurizado por una bomba eléctrica, que entrega una presión de 45 psi, con un sistema independiente de alimentación desde la Sub-Estación de Distribución, que se conecta directamente al Sistema Nacional Interconectado por medio de una línea exclusiva de 138 Kv. Una red secundaria, para limpieza y drenaje del sistema de enfriamiento de la Planta de Acería, con una tubería de 4 pulgadas, es usada como punto de conexión para el manejo de conatos de incendio a la salida de la Sala de Escoriado, en el Sector del Horno de Inducción Eléctrica.

Se cuenta además con 185 extintores, repartidos de la siguiente manera dentro de la instalación:

Número de Extintores	Localización	Lbs. PQS	Lbs. CO ₂	Otros Agentes
55	Planta Laminados	782	270	0
22	Planta Trefilados	315	215	0
62	Planta Acería	980	265	0
3	Oficinas Laminados	0	20	AFFF 2,5 Gal
1	Oficinas Trefilados	10	0	0
2	Oficinas Acería	20	0	0
2	Administración	5	10	0
5	Comercialización	13	0	0
10	Patio de Chatarra	180	0	0
5	Dispensario Médico	42	10	0
8	Comedor	110	10	1,5 Gal Tipo K
5	Oficinas Gestión Integral	360	0	0
9	Planta de Oxígeno	180	40	0

Tabla 1: Peso de Extintores Presentes en ADELCA

Las áreas de cobertura de los extintores es la siguiente:

Localización	Área Total M ²	Lbs. PQS	m ² por lbs. PQS existente	Uso actual del área
Planta Laminados	22125	782	28,3	
Nave 1	2100	20	105	En construcción
Nave 2	2100	132	15,9	Almacenamiento y horno de calentamiento
Nave 3	4500	120	37,5	Tren de Laminación
Nave 4	4500	80	56,25	Mantenimiento, piscinas de enfriamiento
Nave 5	1125	100	11,25	Bodega
Nave 6	3400	80	42,5	Tornos y taller mecánico

Nave 7	3400	210	16,19	Tren de Laminación
Nave 8	1000	40	25	Almacenamiento y horno de calentamiento
Planta Trefilados	9600	315	30,5	
Nave K	2400	50	48	Trefilación y bodega
Nave L	2400	60	40	Trefilación y clavos
Nave M	2400	65	36,9	Galvanización y recocido de alambre
Nave N	2400	140	17,1	Laminación y Bodega
Planta Acería	6870	980	7,0	
Nave Producción	6000	940	6,4	Fundición de acero
Nave Bodega	870	60	14,5	Bodega
Oficinas Laminados	275	0	---	
Oficinas Trefilados	185	10	18,5	
Oficinas Acería	160	20	80	
Administración	480	5	96	
Comercialización	9765	13	751,2	
Nave I	2400	0	---	Almacenamiento varilla construcción
Nave J	2400	0	---	Almacenamiento varilla construcción
Nave O	2400	0	---	Almacenamiento perfiles
Nave P	2400	0	---	Almacenamiento perfiles
Administración	165	13	12,7	
Patio de Chatarra	10200	180	56,7	
Copex	1100	60	18,3	Compactadora chatarra
Seran	400	40	10,0	Grúa telescópica
Patio Almacenamiento	8700	80	108,8	Almacenamiento chatarra
Dispensario Médico	125	42	3,0	
Comedor	210	110	1,9	
Oficinas Gestión Integral	1200	360	3,3	Almacenamiento de extintores de recambio
Planta de Oxígeno	750	180	4,2	Producción oxígeno alta pureza

Tabla 2: Libras de PQS por área.

En base a lo estipulado en la Tabla #2, se determina que todas las áreas superan el requerimiento de mantener por cada 200 m² un extintor de 20 lbs. o su equivalente.

Se observa un déficit de extintores en las bodegas del área de Comercialización. Dentro de estas bodegas, se utiliza separadores de madera entre los paquetes de varilla, con una media de 3 metros cúbicos de madera por cada 150 toneladas de acero¹. El área permite un almacenamiento de

¹ Datos obtenidos por metraje realizado por el Departamento de Comercialización para determinar la capacidad de stock durante el año 2008, considerando como estandar, varilla de 10 cm. de diámetro.

hasta 35000 toneladas de acero, por lo cual, dentro del área se mantiene un promedio de 700 metros cúbicos de madera dentro de los galpones de almacenamiento, sin contar con ningún elemento para el combate de cualquier conato de incendio.

No se considera la existencia de extintores de Dióxido de Carbono, ya que estos se encuentran cercanas a puntos específicos para su uso, como son las Cámaras de Transformación y distribución de energía eléctrica, centrales de telecomunicación, servidores y centros de cómputo y cámaras de almacenamiento de PLC's.

La alta concentración de extintores y carga de PQS en el Galpón de Producción en la Planta de Acería, se debe a la imposibilidad de usar agua den forma directa, tanto en el sector del Horno Eléctrico de Fundición, como en el Horno Cuchara de Afino, para evitar reacciones violentas que ocurren cuando el acero líquido se pone en contacto con agua, como ha ocurrido y puede ser observado en el numeral sobre los eventos suscitados dentro de las instalaciones. Para el manejo de incendios en el área se ha utilizado únicamente PQS hasta el momento.

Otro valor de alta concentración de extintores se presenta en el área de Gestión Integral, ya que se mantienen en reserva 25 extintores de 20 lbs. para la reposición de los equipos que salen de las instalaciones para recarga o mantenimiento preventivo, tales como pruebas hidrostáticas o cambios de

partes constitutivas por desgaste o falla, ya que los extintores de la Planta de Laminados tienen una vida útil promedio de 17 años.

La empresa cuenta con 6 pararrayos tipo Franklin, ubicados en áreas estratégicas de la Planta, logrando una cobertura del 85% de la extensión de la Empresa, concentrándose en áreas críticas como lo son la sub-estación de energía eléctrica, Planta de filtrado de humos y tanques de combustible. El proyecto cuenta con la certificación de cumplimiento emitida por el Cuerpo de Bomberos de Machachi, acorde a lo indicado en el Art. 166 del Reglamento de Prevención de incendios. Se verifica que se mantiene un nivel de descarga a tierra de $0,3\mu\Omega$ en cada una de las descargas de los pararrayos². La resistividad del suelo se presenta por el alto nivel de humedad existente en el suelo, por el alto nivel de agua freática existente en la zona donde ADELCA se asienta, como puede ser observado en el numeral que analiza las fuentes de agua a utilizarse para el Sistema Hídrico.

Los organismos externos de apoyo lo constituyen 2 brigadas de bomberos profesionales, compuesto por 7 miembros y un oficial jefe por cada brigada, los cuales laboran en turnos de 48 horas de guardia y 48 horas de descanso; además de contar con al menos 36 bomberos voluntarios para el manejo de las emergencias que pudiesen suscitarse dentro del Cantón Mejía. El cuerpo de bomberos sirve a una población 62888 habitantes en una superficie de 1472 km²³. El tiempo de respuesta para el manejo de una emergencia presenta un rango de 9 a 17 minutos, dependiendo de las condiciones que presenten las

² “Estudio, diseño e instalación de Pararrayos para Planta Alo ag y Proyecto Nueva Acería” realizado por Siemens Ecuador S.A. para ADELCA. Diciembre 2007.

³ VI Censo de Población y V de Vivienda. Año 2001. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

vías Aloag – Santo Domingo y Machachi – Aloag – Tambillo; cumpliéndose el mismo siempre que no exista alguna emergencia en proceso dentro del área de cobertura del Cuerpo de Bomberos. Se cuenta además, con un cuartel del Cuerpo de Bomberos de Quito, el cual se encuentra ubicado en la parroquia de Amaguaña, el cual podría apoyar el trabajo del Cuerpo de Bomberos de Machachi, en un tiempo de arribo máximo de 23 minutos desde el momento de llamada.

El Cuerpo de Bomberos cuenta con tres vehículos para combate de incendios: una motobomba con una capacidad de 1200 galones, un camión cisterna con 6000 galones de capacidad y un vehículo de intervención de apoyo, además de tener una ambulancia para el manejo de emergencias médicas del personal en el combate de incendios. En cuanto a capacidad de reacción ante incendios de hidrocarburos, cuenta con equipo de generación de espumógeno de baja densidad y una reserva de 600 galones de material espumógeno, lo cual podría generar un volumen de 20000 galones de espuma tipo AFFF al 3%.

3.2.2. Reubicación y manejo de los extintores presentes en Planta Aloag.

Más para cumplir con las disposiciones determinadas en el Art. 177 del Reglamento de Prevención de Incendios, el cual dispone que debe mantenerse una distancia de 25 metros entre extintores y lo dispuesto en el Art. 178, el cual dispone que todos los extintores deben colocarse al menos a 1,2 metros de altura desde el nivel de piso.

Esto significa incrementar desde un total de 156 extintores de PQS con una carga de 3207 libras de PQS de varias características; más 52 extintores con una capacidad de 750 libras de dióxido de carbono; con equipos de procedencia asiática; se pretenda incrementar la capacidad de extinción incrementando 78 extintores de PQS con una carga total de 1478 libras y 14 extintores de dióxido de carbono, con un incremento de 480 libras para el combate de conatos de incendio.

Además se plantea el recambio de todo el polvo químico existente dentro de los extintores de la Planta, por polvo químico al 94% de fosfato de amonio, el cual permitiría un mejor control y cobertura en caso de incendio. En base a ello, se ha identificado la necesidad de incorporar a los extintores ya existentes, los siguientes:

- Planta Laminados

Número de Extintores	Localización	Lbs. PQS	Lbs. CO ₂
2	Vestidores Nave 1	10	
1	Vestidores Nave 1	20	
1	Oficinas Seguridad Física		10
1	Oficina Asociación Trabajadores	10	
1	Bodega de repuestos	10	
1	Cabina de Desbaste. Nave 2	20	
1	Centralina GLP. Horno calentamiento Nave 2	20	
1	Transformador Nave 2		20
1	Transformador Desbaste Nave 2		50
1	Cabina Principal Nave 3		10
1	Canastilla oxicorte Nave 3	10	
5	Cabinas eléctricas Nave 3		20
5	Zona de talleres y enderezado de perfiles	20	
4	Bodega Principal	20	
1	Bodega Lubricantes (Exterior)	75	
2	Montaje de guías y cilindros	20	
3	Prensa de amarre Nave 4	10	
3	Cabina de desbaste Nave 6	20	
2	Horno Nave 8	20	
1	Cabina Principal Nave 7		20
1	Subestación Nave 7		50

Tabla 3: Necesidad de Extintores existentes en Planta Laminados

- Área Administrativa

Número de Extintores	Localización	Lbs. PQS	Lbs. CO ₂
6	Oficinas Administrativas, Recursos Humanos		10
1	Power Center y Servidor		150
2	Archivo General		20

Tabla 4: Necesidad de Extintores presentes en el área administrativa

- Planta Trefilados y Despachos

Número de Extintores	Localización	Lbs. PQS	Lbs. CO ₂
2	Trefiladores	20	
1	Vestidores Nave 1	20	
8	Ingresos Naves Productivas	20	10
2	Proceso galvanización	20	
8	Ingreso naves almacenamiento	20	
1	Control eléctrico galvanizado		20

Tabla 5: Necesidad de Extintores en Planta Trefilados y Galpones de Despacho

- Planta Acería

Número de Extintores	Localización	Lbs. PQS	Lbs. CO ₂
6	Pasillo Extintores	20	
4	Refractarios	20	
5	Bodega Acería	20	
1	Horno Cuchara	150	
1	Bodega Lubricantes	50	

Tabla 6: Necesidad de Extintores en Planta Acería

Con esta distribución se cumpliría los requerimientos de mantener un extintor al menos a 25 metros de distancia. La revisión de los equipos se realiza por medio de formato interno, con una frecuencia mensual, por medio de la cual se verifica la presencia de precintos y el adecuado funcionamiento de los extintores.

3.2.3. Estructura del Sistema de Agua Presurizada

La estructura se diseñó en base al aseguramiento de los requerimientos de presión estática que se tenían dentro de puntos críticos de la Empresa. Tras la valoración, se determinó que el punto más desfavorable dentro de las instalaciones que se planteaba realizar es el monitor localizado frente al acceso

principal de la Empresa, por las pérdidas producidas por la conducción del agua a dicho punto. Otro punto crítico que se ha considerado por las pérdidas provocadas por accesorios e implementos de combate de incendio, es el localizado en la cámara generadora de espuma para el tanque de almacenamiento principal de bunker, ya que requería solventar una elevación de 47 metros a nivel de piso más las pérdidas generadas por los diferentes equipos que se planteaba instalar en la misma. Las pérdidas por distancia, en especial hacia los puntos cercanos a la Planta de Laminación, pudieron ser solventadas por la diferencia de 23 metros de altura, que existe entre la casa de bombas y los puntos de uso de la misma. Por tanto, los cálculos que pueden ser observados en el Anexo G, fueron realizados para solventar las pérdidas que se presenten para atender los requerimientos de los equipos que se plantea instalar en el Tanque Principal de Bunker; así como los planos con el esquema del Sistema Presurizado y varios de los equipos a instalarse, pueden ser observados en el Anexo F.

3.2.3.1. Dotación de agua para el Sistema Presurizado:

Dentro de las instalaciones de ADELCA, se cuentan con varias fuentes de agua, entre las más importantes:

- Sistema de Agua Potable “Junta de Agua de la Parroquia de Aloag”:
Dotación de agua potable al sector donde se ubica el Departamento Comercial de la Empresa, con una toma de 0,5 pulgadas y un caudal variable, escaso en períodos secos.
- Sistema “Nuevo de Aloag”. Agua potable suministrada a través de tubería de 0,5 pulgadas, con tubería madre de 3 pulgadas. Suministra líquido al área de Dispensario Médico y Archivo.

- Pozo profundo “Planta Laminados”. Se trata de un pozo profundo de 350 metros de profundidad, aprovechado desde el año 1969, con una tubería terminal de pozo de 1,5 pulgadas de espesor, el cual suministra actualmente un flujo de 7 l/s, con un consumo diario estimado de 604,8 m³. El agua de este pozo se utiliza para reposición del agua que se evapora en la torre de enfriamiento del Tren de Laminación de la Nave 3, suministro de agua entubada para las áreas administrativas y en el proceso de Tratamiento Térmico de la varilla de acero (QTB).
- Pozo profundo “Planta Acería”. Se trató de un pozo de 327 metros de profundidad con una tubería primaria de 3 pulgadas, el cual suministra un caudal máximo de 47,5 l/s; actualmente se encuentra utilizando un caudal 34,5 l/s con un consumo promedio de 2980,8 m³ diarios. Es utilizado por el sistema de enfriamiento y Tratamiento Térmico de la Varilla (QTB) del Tren de Laminación de la Nave 7, sistema de enfriamiento de la Planta de Fundición, suministro de agua entubada para uso higiénico dentro de la Planta y oficinas de Planta Acería, y Patio de Chatarra.

Tras estudios realizados para la ampliación del Tren de Laminación de la Nave 7 y la incorporación de la Planta de Fundición⁴ se determinó que el acuífero “Alóag” cuenta con una capacidad de 0,87 metros cúbicos por segundo; teniendo actualmente un consumo por parte de concesionarios de 24,19 litros por segundo, lo que garantizaría una fuente segura de suministro de agua para el Sistema Presurizado de Incendios.

⁴ “Estudio de Acuíferos del Cantón Mejía”. Renzo Yerovi N. Año 2004. Entregados como parte del peritaje técnico al Consejo Nacional del Agua para el aumento de caudal y aprovechamiento del mismo por parte de la Empresa “Acería del Ecuador CA. ADELCA” para el Proyecto de la Nueva Planta de Fundición.

En cuanto a la calidad de agua de los pozos anteriormente determinados, se presenta a continuación los valores obtenidos para la determinación de la calidad de agua que suministra los mismos, realizados en el mes de enero del año en curso⁵.

Parámetro Analizado	Unidad	Valores obtenidos
Alcalinidad	mg/l	192
Cloruros	mg/l	160
Aceites y grasas	mg/l	<0,2
Cianuro Total	mg/l	<0,01
Hidrocarburos totales	mg/l	<0,3
Fenoles	mg/l	<0,02
Conductividad	μS/cm	554
DBO ₅	mg/l	6,3
DQO	mg/l	<30
Potencial Hidrógeno	Und.	9,72
Sólidos suspendidos	mg/l	61
Sólidos totales	mg/l	442
Dureza	mg/l	88
Fósforo total	mg/l	<0,2
Calcio	mg/l	11,39

Tabla 7: Característica Físico Químicas del Agua de Pozo Profundo “Acería”

En base a estos resultados, se puede realizar un análisis rápido de la corrosividad del agua, por medio del uso del Índice de Langelier, en base a los resultados obtenidos:

$$I.S. = pH + TC + CF + AF - 12.1$$

$$I.S. = 9,72 + 0,4 + 1,6 + 2,3 - 12.1$$

$$I.S. = 1,92$$

Lo que indica que el agua tiende a generar depósitos, debido principalmente al elevado nivel de pH, lo cual puede ser solventado con una neutralización del agua presente en la piscina por medio de una acidificación de la misma por medio del uso de ácidos minerales concentrados, actividad que se realiza

⁵ Estudio de Calidad de Agua de Pozo Profundo. Informe preparado para “ADELCA”. Villacrés Santiago- Laboratorios HUMWELT. Enero 2010.

actualmente para su uso dentro de las instalaciones de la Planta Fundidora; garantizando un pH en el agua de proceso entre los 6,5 a 8,2; garantizando de esta manera una limpieza continua de las líneas, por variaciones entre condiciones incrustantes leves y corrosivas leves del agua, asegurando que el sistema de agua a presión y los elementos constitutivos se encontrarán operativos al momento de ser requeridos para el uso por emergencias de cualquier tipo.

El requerimiento del Sistema planteado determina una necesidad de 260 metros cúbicos para una operación segura durante un período de 55 minutos, acorde a lo indicado por la Norma NFPA 11, para el manejo de espumas de baja expansión, aceptada para el control de incendios de combustibles, requerimiento cubierto por la piscina de refrigeración y enfriamiento de la Planta de la Acería, los cuales cuentan con una capacidad de 780 y 300 metros cúbicos cada una de las piscinas, garantizando de esta manera el suministro necesario de agua para el sistema hídrico que se plantea construir.

3.2.3.2. Equipamiento Requerido para el Sistema Hídrico Planeado

Tras el cálculo de los elementos del Sistema, se ha determinado la necesidad de los siguientes equipos, basados en los suministrados en la marca ANSUL, aprobados bajo Norma NFPA y certificados por UL para el cumplimiento de los requerimientos exigidos para cada uno de los elementos.

3.2.3.3. Sistema de Bombeo

Se ha determinado como grupo de bombeo con los siguientes equipos:

Bomba centrífuga tipo horizontal, marca AC PUMP ITT, serie 8100, modelo 8x6x14 F-S, con una velocidad de giro de 1785 rpm, con una capacidad de entrega de hasta 3000 gpm, con una presión 140 psig y una demanda de 72,5 BHP. El caudal al que trabajará la bomba a su máxima capacidad será de 1500 GPM a 120 psig, con una eficacia del 78%. Construida en acero fundido de aleación A48, Clase 35, garantiza el flujo requerido a una velocidad de 2100 rpm, detalles que pueden ver validados en el Anexo A.

La bomba estará accionada mediante un motor marca Clarke, modelo JU4H-UF30, diseñado por la fabrica John Deere. Presenta un peso de 910 lb., con una construcción del motor de 4 válvula en línea, los cuales entregan una potencia de 79 BHP a una velocidad máxima de 2100 rpm. El combustible de trabajo es el diesel, con una demanda de 5,3 galones por hora. Se encuentra refrigerado por un sistema de agua, el cual tiene una potencia de refrigeración de 7 KW. Todo el sistema se encuentra lubricado por 2 galones de aceite tipo SAE de alta graduación. El sistema eléctrico requerido para el control puede implementarse tanto en alimentación de 120 y 240 voltios de corriente alterna, mientras que para el arranque del motor se requieren de dos baterías ácido – plomo de 12 V. AC. Los contaminantes resultantes de la combustión del diesel, cumplen al momento con la norma emitida por la EPA 40 CFR Parte 65 y por tanto con lo establecido por el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario. En cuanto a los niveles de ruido, acorde a la ficha técnica del productor, con las instalaciones realizadas acorde a los planos que suministra para la instalación de este tipo de motor, se lleva a una descarga sonora de 103,9 dBA a una distancia de un metro del generador con relación al equipo o

paredes circundantes, por lo cual requerirá de equipos de protección personal para los operarios que se encuentren cerca del sitio de uso, datos verificables en el Anexo B que condensa la información de emisiones, ruido y potencia que puede suministrar el motor.

La segunda bomba que forma parte del sistema de bombeo es una bomba Marca ITT, modelo 6S21, que por medio de una tubería de descarga de 1 ¼ pulgadas con un gasto o caudal de entrega de 15 gpm a 135 psig, accionada por un motor eléctrico de 3 HP, modelo 3F/60C/460V, a una velocidad de 3500 rpm.

Los motores se encuentran controlados por un panel específico para cada uno de los motores, marca FIRETOL, modelo FTA 110J para el motor diesel, y modelo FTA 500. El modelo de la bomba Jockey permitirá tener tres tipos de actuador: automático, manual o mantener el sistema apagado; mientras que el panel para el motor de combustión entregará información sobre los siguientes parámetros de operación:

- Selector principal en Auto
- Alarma
- Falla de arranque de la máquina
- Cargador funcionando mal
- Problemas en la batería #1
- Problemas en la batería #2
- Baja presión en el sistema
- Máquina funcionando

- Alta temperatura del refrigerante
- Baja presión del aceite
- Máquina a sobrevelocidad
- Bajo nivel del combustible

El controlador permitirá programar el tiempo de respuesta para el arranque del motor, mantener una memoria de los principales fallos o errores ocurridos durante los 3000 últimos eventos, así como datos históricos de arranque, funcionamiento y mantenimientos recibidos por el equipo. Las hojas técnicas de estos equipos podrán ser revisadas en el Anexo C para el panel de control del motor diesel y en el Anexo D para el motor eléctrico.

Se contará además con una válvula de retención tipo check, de liberación de aire automática, que controlará el sistema de enfriamiento del motor del sistema impulsor y sistemas auxiliares de control, así como el sistema de prueba del equipo que se encontrará dentro de la casa de bombas.

La energía necesaria para el funcionamiento del equipo se obtendrá por medio de una derivación independiente de baja tensión, que alimenta la Sub-estación de energía eléctrica de ADELCA, la cual opera directamente conectada al Sistema Nacional Interconectado mediante una línea de 138KV. Además, se realizará una conexión directa con el generador eléctrico de emergencia de 3,7 MW que cuenta la Planta de Fundición, de manera tal que se garantice el suministro de energía para las bombas del Sistema hídrico de combate de incendios.

El suministro de diesel se realizará mediante auto tanque, directamente al depósito del motor impulsor, utilizando para ello la vía de acceso existente a un costado de la casa de bombas, rodeando al contenedor de hidrocarburos de un dique de contención para derrames, y manteniendo un stock de paños absorbentes de hidrocarburos para el manejo de incidentes de tipo ambiental.

3.2.3.4. Tuberías

Para la confección del circuito del sistema presurizado para manejo de incendios se utilizarán tuberías de 8, 6, 4, 3 y 2 ½ pulgadas. El abastecimiento de agua entre el depósito de agua y la casa de bombas se realizaría con tubería de 8 pulgadas de diámetro, garantizando de esta manera un adecuado funcionamiento de la bomba centrífuga, la cual requiere diámetros entre los 10 y los 6 ½ pulgadas de diámetro para la tubería de alimentación.

Desde la bomba de impulsión auxiliar o jockey, se tendrá una tubería de 6 pulgadas, la cual conformará el anillo hídrico de suministro para los sistemas hídricos secundarios, como lo son los monitores, derivaciones para gabinetes o bocas equipadas de incendio y el sistema de control de incendio para los tanques de almacenamiento diario y el tanque principal de bunker o fuel oil #6 que se mantiene en el extremo occidental de la planta. Esta tubería rodeará la fábrica y contará con 6 válvulas de control, las cuales permitirán controlar el flujo o sectorizar el caudal de agua, acorde a los requerimientos que se tengan para el combate del incendio.

Las válvulas de 6 pulgadas son de tipo compuerta, construidas en acero dúctil ASTM A-126-B, que garantiza el cumplimiento de la Norma NFPA 11. Se plantea utilizar accesorios marca Victaulic, modelo OS&Y 771, los cuales cuentan con certificación UL y FM. Los volantes de estos equipos están contruidos en acero ASTM A-126-B. Las especificaciones técnicas pueden ser observadas en el Anexo E.

Para el sistema de control de incendio para los tanques de hidrocarburos, se utilizará tuberías de 3 pulgadas para los tanques de uso diario y tubería de 4 pulgadas para el tanque de almacenamiento principal, más los sistemas de extinción que se plantean para esos puntos serán tratados más adelante.

Para el acceso a la bodega de la Planta Laminados y en el área de oficinas administrativas se plantea la instalación de dos tomas exteriores tipo siamesas con reducción de 4 pulgadas a 2 ½ pulgadas, con dos salidas para mangueras de 2 ½ pulgadas. Estos puntos permitirían por su fácil y rápido acceso, convertirse en puntos de llenado para los cuerpos auxiliares externos o para combate de incendios en áreas de difícil acceso como son las bodegas del área comercial.

Para dar cumplimiento al Reglamento de Prevención de Incendios, se plantea la colocación de 25 gabinetes o bocas equipadas de incendios en cada una de las naves principales de producción. La derivación para estos equipos se realizaría con tubería de 4 pulgadas, salvo en el caso de la Planta de Fundición y las dos primeras naves de la Planta de Trefilados, que serían abastecidas por

derivaciones de 2 ½ pulgadas, por su cercanía a la sala de bombas. Se establece la instalación de gabinetes clase III, los cuales contarían con una toma de 2 ½ pulgadas con una presión residual de al menos 65 psig en el sitio de uso, para conexión de las brigadas o del Cuerpo de Bomberos y una toma de 1 ½ pulgadas, la cual contaría con los siguientes implementos: una manguera de 100 pies (30 metros) de longitud modelo 3010 de la marca ANSUL, válvula angular de apertura de 1 ½ pulgadas de diámetro, niple, acople y boquilla para manguera de 1 ½ pulgadas, llave de ajuste y hacha para combate de incendio, como puede verificarse en el esquema que se presenta en el Anexo F.

Para garantizar la seguridad del sistema hídrico, en la salida del sistema, se plantea instalar dos válvulas para el control de la sobrepresión del sistema y para el corte del suministro de agua a baja presión. Se ha determinado que las válvulas VIC 759, con cámara retardante VIC 752 y motor actuador VIC 760 de la marca Victaulic, garantizan evitar daños por sobrepresión debido a retorno de aire en línea o la inyección del mismo por bajo caudal en la alimentación de la línea principal de 8 pulgadas hacia la bomba centrífuga, todo ello complementado con dos manifolds para pruebas hidráulicas de los sistemas.

Para el manejo de emergencias al exterior de las naves, o como puntos de apoyo para el manejo de incendios al interior de las mismas, se plantea la instalación de 10 monitores tipo MM-1000 4000266 de la marca ANSUL. Los monitores estarán conectados a toberas industriales que entregan un flujo mínimo de 500 gpm a una presión de 100 psig, lo cual garantiza un alcance de

200 pies de distancia horizontal y una altura máxima de 42 pulgadas a 130 pies de distancia, cumpliendo con la Norma NFPA 1946.

3.2.3.5. Equipo para control de incendio de tanques de combustible:

Como se ha comentado anteriormente, se ha considerado el punto crítico del sistema hídrico de combate para incendios, el punto de alimentación de la cámara de formación de espuma que se plantea instalara en el Tanque Principal de Almacenamiento, el cual se encuentra a una altura de 47 metros sobre el nivel de la sala de bombas, con perdidas de hasta el 50% de presión existente en línea.

Para los tanques auxiliares, se plantea la instalación de monitores específicos, los cuales permitirían cubrir un incendio por medio del equipamiento de equipos mixtos de rápido acople, intercambiables entre los monitores y lanzas de generación de espuma. Para el diseño planteado se ha tomado las proporcionadas por la marca ANSUL, las cuales operan a presiones de entre 75 a 100 psi con un flujo de 60 gpm, operando con el modelo KR-S2 que operaría en unión a un tanque de material espumógeno de baja expansión, lo cual permitiría cumplir con los requerimientos de la Norma NFPA 11 en cuanto al manejo de incendios con tanques de hidrocarburos con diámetros menores a 4 metros.

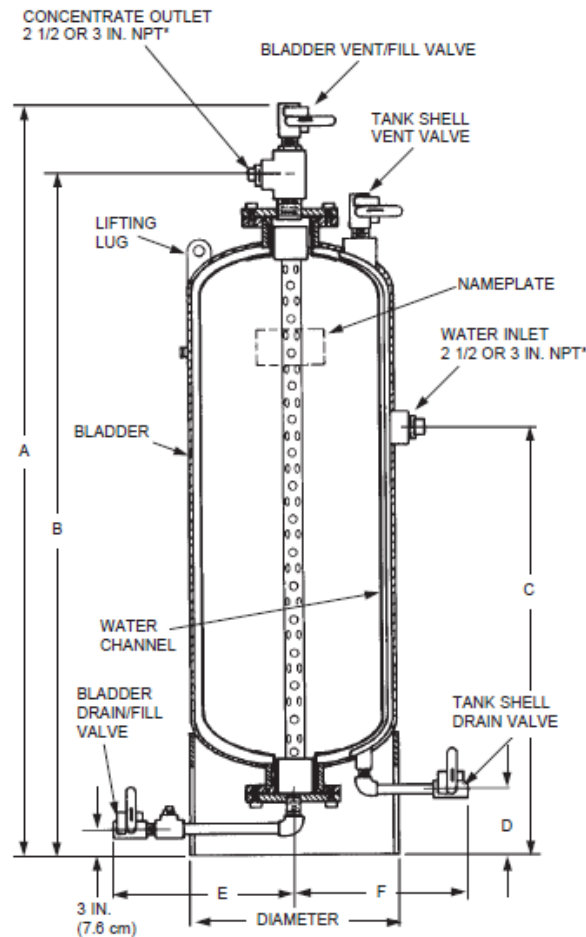
En cuanto al tanque principal de almacenamiento, se plantea la utilización de un sistema generador de espuma y dos lanzas auxiliares, acorde a lo indicado

por la Norma NFPA 11 para tanque de pared cilíndrica-cónica de un diámetro menor a 24 metros. En este caso, el tanque con capacidad de 200000 galones tiene un diámetro de 12,27 metros con una altura de 7,1 metros, para manejo de sobrecarga o venteo de vapores.

Para el sistema de generación de espuma se plantea la utilización de una cámara generadora de espuma, tipo II, el cual provoca una dispersión sobre la superficie del combustible que se encontraba incendiándose al momento, cubriendo la superficie del combustible que se encuentra dentro del contenedor. En el caso de ADELCA, se plantea la utilización de un equipo que controle un flujo de 125 gpm, requerimiento que se cumpliría con el modelo AFC 170 de la marca ANSUL, la cual es capaz de entregar un volumen entre 94 a 279 gpm, con un nivel de caída de presión del sistema entre el 15 al 28%, ya que coincide con la tubería de alimentación de 3 ½ pulgadas que se planteaba para el sistema hidráulico. El peso total del equipo, de 175 libras sería soportado por la pared del tanque por medio de su empotramiento al mismo con un sistema de empernado y se distribuiría con la tubería que debe colocarse para alcanzar el punto más alto de cobertura del hidrocarburo dentro del tanque.

Conectada a la cámara, se encuentra un tanque vejiga vertical con una capacidad de 300 galones; el cual se encontraría conectado directamente por una derivación de la red hídrica, la cual suministraría la presión necesaria para la salida del espumante y la consecuente generación de espuma sobre el combustible. Se plantea como alternativa de diseño, la compra del modelo

69005 de ANSUL, con proporcionadores balanceados en línea de 2 ½ y 3 pulgadas, modelos 73703 y 73705, integrada en una estación de espuma montada en rieles para desplazamiento modelo 404197. La salida del tanque vejiga, se conecta con los proporcionadotes balanceados para entregar la carga de espumogeno necesaria a ser ingresada dentro de la tubería de 4 pulgadas por medio de una conexión proporcionadora de espuma, la cual garantizaría la dotación de los requerimientos que plantea el generador de espuma AFC 330. Un esquema sencillo del proceso puede ser observado en el siguiente esquema:



* 2 1/2 in. NPT on tanks 1000 gallons or less.
 * 3 in. NPT on tanks over 1000 gallons.

Ilustración 1: Esquema Básico de Tanque vejiga y controlador para generación de espumas de baja expansión. (Tomado de Catalogo ANSUL)

3.2.3.6. Tipo de Espuma a utilizar

Para una protección integral de toda la Instalación industrial de ADELCA, se estudio los requerimientos de las Normas NFPA 11 y NFPA 10 para los agentes extintores y la conformación química de las espumas que existen dentro de la instalación y los tipos de componentes que pueden verse involucrados en un incendio dentro de la empresa. Los principales componentes de un posible incendio dentro de ADELCA serían:

- Bunker o Fuel Oil #6
- Madera, tanto en palets como en vigas
- Carbón mineral
- Minerales calcicos y silícicos.
- Hidrocarburos
- Chatarra de hierro.

La ausencia de elementos polares, tales como alcoholes, sumado a las altas temperaturas de los procesos productivos, determinaron que se escoja una espuma tipo AFFF (Aqueous Film Forming Foam), ya que permitirá mantener un aislamiento adecuado en caso de presentarse incendios que pudiesen provocarse en hidrocarburos, con elementos de baja expansión, los cuales por sus propiedades:

- Alto Poder de expansión en superficies, planas, garantizando una rápida cobertura
- Alto contenido de agua, lo que permite retirar por medio de evaporación de la misma, calor del punto de incendio.

- Alto poder de cohesión, lo que permite garantizar que la película formada por la espuma tenga una alta durabilidad.
- Resistente a hidrocarburos, polvo químico, calor y radiación, lo que permite su uso dentro de las instalaciones que trabajan con estos elementos.
- Alta viscosidad, lo que evita un desplazamiento sobre la superficie a cubrir.
- Evita la reignición o reinicio de fuego en áreas que se encuentran cubiertas por el agente, lo que minimiza el trabajo de los bomberos y garantiza áreas seguras de trabajo.

Para el sistema diseñado, se plantea la utilización de el espumogeno ANSULITE 3%, de marca ANSUL, el cual garantiza cumplimiento con la Norma NFPA 11 por medio de pruebas realizadas por UL Laboratories.

3.2.3.7. Instalaciones Civiles:

Las instalaciones de los equipos se realizarán de manera tal que se cumpla con las especificaciones técnicas que cada uno de los fabricantes solicite para los diversos elementos y cumplan con las especificaciones dadas por UL Laboratories para la entrega de las prestaciones que se requiere de cada uno de ellos.

La instalación de tubería de 6, 4, 3 y 2 ½ pulgadas se realizará sobre bases de hormigón armado, con una estructura de pirámide cuadrangular truncada, con un cuadrado de 25 cm. de lado como base, armada sobre una cadena de varilla de acero de 10 cm. de diámetro. La estructura permitirá el uso de amarres antisísmicos. El empotramiento a paredes, se realizará con el mismo tipo de estructuras. Pueden observarse los esquemas en el Anexo G.

3.2.3.8. Costo de los equipos:

La cotización de los equipos se realizó con varios proveedores locales, los cuales garantizaban la entrega de los equipos en el área constructiva dentro de los 45 días posteriores a la compra de los implementos. Una vez verificadas las cotizaciones, se ha estimado el costo total del proyecto, con instalación y pruebas de funcionamiento del equipo, por \$470 702,65; los cuales se dividen en \$395 314,26 en equipos y \$ 75 388,38 en costos por instalación y mano de obra, los cuales pueden ser observados en el Anexo H.

3.2.4. Formación y equipamiento de Brigadas de Bomberos

Industriales

La formación de personal para el manejo del equipo y los sistemas contra incendio, es primordial para el buen uso y mantenimiento de los equipos a instalarse, por lo cual, toda empresa con un sistema de combate de fuego requiere tener personal capacitado para su uso.

Se plantea una formación de un grupo de 7 personas por turno, con un equipo de apoyo de 4 personas para el manejo y control de válvulas y elementos de corte.

El equipamiento de estas personas deberá ser de:

- Casco de fibra de vidrio, con visor resistente al calor, barbiquejo y protector de cuello/nuca; principalmente para protección de impactos, agua caliente, radiación y calor.
- Monja o protector. Hecho de nomex, generalmente cubre cuello, hombros y parte de cuello y espalda.

- Chaquetón o capa, elaborado en tres capas, la primera generalmente esta elaborada en hule o lona; la segunda cuenta con refrigeración vía agua y la tercera es un forro desmantelable de franela u Otoro tejido similar.
- Pantalones a prueba de agua, generalmente elaborados en el mismo material que el chaquetón.
- Breteles y botas con protección de puntera, metatarso y puntera reforzada.
- Botas de cuero y goma con punteras y entresuela de acero para proteger de escombros.
- Guantes de cuero, de alta resistencia.
- Arnés y líneas de vida o cuerdas
- Protección respiratoria y auditiva.

Las personas que se entrenen serán las responsables del manejo de todos los equipos de protección. El costo por traje completo de bomberos ha sido cotizado en \$1680, sin equipo de autocontenido.

Los brigadistas serán responsables del combate primario en caso de incendio, y serán estructuradas por cada personal de todas las plantas de la empresa, y de todos los turnos de funcionamiento; debiéndose entrenar periódicamente para mantener destrezas en el manejo del Sistema hídrico planteado y recibirán una reinducción cada 6 meses.

3.3. Estudio de eventos suscitados dentro de las Instalaciones

3.3.1. Incendio de chatarra, vía de acceso a la Empresa:

En el mes de marzo del año 2007, se produjo un incendio en un depósito de chatarra de aproximadamente 4500 toneladas de chatarra ferrosa. Se inicio con la quema no controlada de palets de madera ubicados en dicha zona. Se gastaron 510 libras de PQS, y se contó con el apoyo de Cuerpo de Bomberos del Cantón Mejía, el cual con el uso del vehículo autotanque.

Los daños reportados fueron 40 toneladas de acero, se generaron 2 toneladas de basura, se utilizo 200 libras de espuma. Se presentaron daños en bosque limítrofe con vecinos y se genero una nube de humos que cubrió a la parroquia de Aloag. Genero una multa de 6500 dólares, con un incremento en la prima de seguro en un 3,5% por el volumen del fuego y la contaminación provocada.

3.3.2. Incendio del puente grúa de 80 Toneladas, Planta Acería

Durante el turno de la noche, se produce un cortocircuito en el motor de transmisión del Puente Grúa de 80 Toneladas, el cual generó que los cables del equipo se incendien y se produzca la rotura del cable de la polea principal. No se tenía extintores de polvo químico, por lo cual, se procede a controlar el incendio con arena.

Los daños producidos en el motor, provocaron paro de producción durante 12 horas, con un lucro cesante de \$8500 por hora, recambio de motor por un costo aproximado de \$27000, cambio de cable de puente grúa por \$1700 y trabajos especiales para el equipo de mantenimiento durante 48 horas.

3.3.3. Incendio de sistema de suspensión de horno eléctrico,

Planta Acería

Se produjo en el mes de Noviembre del 2009, en el cual, el aceite hidráulico del sistema basculante del horno eléctrico de fundición de chatarra, fugo por un sello perforado, entrando en contacto con escoria a alta temperatura; lo que produjo una ignición inmediata del fluido anteriormente mencionado.

Se controló el incendio inicial, más no se verificó el estado de cables de potencia y los empaques del sistema hidráulico, los cuales provocan un nuevo derrame, en cual consume todo el cableado de control, potencia y datos del horno eléctrico, invade el área de abastecimiento de chatarra, provocando quemadura de segundo grado superficial en un empleado y daño total del sistema basculante. El incendio dura aproximadamente 4 horas, en las cuales se consumen 620 libras de polvo químico seco y 210 libras de dióxido de carbono para equipos electrónicos. Se controla el incendio internamente, más es llamado el Cuerpo de Bomberos, los cuales no se encontraron equipados para el manejo del incendio, ya que la motobomba con la que ingresaron a las instalaciones no contaba con agua.

Se cuantifica un paro de 3 días, a un costo aproximado de \$120 000 por día, ya que no se pudo operar el horno, se requirió de todo el personal para proceder al arreglo del sistema eléctrico y electrónico del horno, reemplazo total del sistema basculante hidráulico y reemplazo de cadenas aislantes entre pozo de escoreo y patio de chatarra. Costo total aproximado del daño \$545 000 dólares.

3.4. Conclusiones :

Como se puede observar, los costos incurridos por carecer de un sistema hídrico de control de incendio, ha provocado que ADELCA encarezca los costos de producción, no se encuentre cumpliendo con normativas legales vigentes y no se tenga una adecuada protección al personal.

El lucro cesante que se tendría al momento de no contar con el depósito principal de hidrocarburos, sumado al tiempo que tomaría su reparación, provocarían que la participación del mercado de ADELCA se vea afectada por la imposibilidad de producir por lo menos durante un período de 8 días laborables, generando un proceso especulativo dentro del mercado nacional de acero y repercusión en el nombre de la Empresa.

La instalación de un sistema de control de incendios, permitiría reducir los costos que la Empresa realiza en primas por pagos de seguros. Estos recursos, canalizados a la reducción de los riesgos por incendios, permitirían reducir el impacto de la inversión en el sistema hidráulico de control de incendios.

4. Anexos:

4.1. **ANEXO A:** Hoja Técnica Bomba centrífuga tipo horizontal, marca AC PUMP ITT, serie 8100.

4.2. **ANEXO B:** Hoja Técnica Motor marca Clarke, modelo JU4H-UF30

4.3. **ANEXO C:** Hoja Técnica Controlador Bomba Diesel

4.4. **ANEXO D:** Hoja Técnica Controlados Bomba Jockey

4.5. **ANEXO E:** Hoja Técnica Válvulas 6 pulgadas

4.6. **ANEXO F:** Planos de Proyecto de Diseño.

4.7. ANEXO H: Cálculo teórico de equipos.

Descripción	Cantidad	Costo Equipo	Costo Mano Obra
Bomba Case Modelo 8100 AC-PUMP CLARKE JU4H-30	1 unid.	80283,17	4014,16
Bomba Jockey marca MCA ITT Modelo 6S21.	1 unid.	2171,97	212,70
Medidor de Flujo Ranurado 6 plg.	1 unid.	2820,80	282,06
Tablero de control eléctrico Modelo FTA 110J.	1 unid.	2443,32	244,33
Tablero de control eléctrico Modelo FTA 500 MCA.	1 unid.	1249,97	125,00
Válvula de retención check de liberación de aire automática, con cabezal de prueba, sistema de anclaje	1 unid.	7568,45	756,85
Tubería de 8 plg. de diámetro	18 m	2509,09	752,73
Tubería de 6 plg. de diámetro	1560 m	139059,96	41717,99
Tubería de 4 plg. de diámetro	420 m	25432,68	7629,80
Tubería de 3 plg. de diámetro	36 m	1238,52	371,55
Tubería de 2 ½ plg. de diámetro	120 m	3143,40	943,02
Tubería de 2 plg. de diámetro	30 m	645,06	193,52
Tubería de 1 ½ plg. de diámetro	30 m	542,33	162,70
Monitores manuales MM-1000 ANSUL 4 plg.	10 unid.	13919,07	1391,91
Toberas 500 gpm. Modelo 427472 ANSUL	10 unid.	8580,00	429,00
Tobera de larga expansión 60 gpm. Modelo 415981. ANSUL	10 unid.	9048,06	452,40
Proporcionadores balanceados en línea	2 unid.	8897,88	889,79
Estación de autocontenido de espuma 36 glones. Modelo 404197. ANSUL	1 unid.	14315,00	715,75
Tanque vejiga vertical 3000 galones. Modelo 69005 ANSUL	1 unid.	14826,00	741,30
Cámara formadora de espuma. Modelo 75881. ANSUL	1 unid.	2709,00	406,35
Deflector em cámara de espuma AFC – 330 ANSUL	1 unid.	341,25	51,19
Pad de montaje AFC – 330	1 unid.	384,13	57,62
Sello de vapor AFC – 330 ANSUL	1 unid.	57,75	8,66
Válvula de concentrado hidráulico.	1 unid.	2712,25	271,25
Válvula OS&Y 6 pulgadas de diámetro	8 unid.	6969,60	1045,44
Válvula de alarma VIC 759. 6 plg.	2 unid.	1632,02	244,80
Cámara retardante VIC 752	2 unid.	597,15	89,57
Motor de válvula de agua 760	2 unid.	1184,28	177,64
Manifold para armado Sistema 474. 6 plg.	2 unid.	1488,71	223,31
Manómetros 2 ½ plg. 150 PSI	4 unid.	140,00	21,00
Toma exterior siamesa 4 Plg. y 2 ½ plg.	2 unid.	1026,00	153,90
Gabinetes con vidrio Tipo II	25 unid.	3456,00	518,40
Mangueras y equipamientos para gabinetes contra incendio tipo II	25 unid.	16871,98	2530,80
Soportes para tuberías tipo anclaje	572 unid.	4701,84	705,26
Soporte para tubería anti-sísmica	520 unid.	7924,80	1188,72
Materiales de recubrimiento	---	4422,73	663,45
Asesoría Técnica para Proyecto.	1 unid.	0,00	5000,00
Total por costo		395314,22	75383,92
TOTAL GENERAL			470698,14

Tabla 8: Tabla de costos para construcción del Sistema Planteado.

4.8. ANEXO G: Costeo de Equipos propuestos para el uso dentro del proyecto.

Parámetros conocidos

$Q_m := 990$ gpm Flujo de agua

$$Q_m := (Q_m) \cdot 3.785$$

$Q_m = 3747.15$ lt/min

$D := 6$ plg Diámetro de la tubería SCH 40 según NFPA 14

$d_m := 154.08$ mm Diámetro interior de la tubería 6 plg

$C := 120$ Valor de Hazen Willians

Cálculo de pérdida de presión en tubería según NFPA 14

Cálculos por pérdida en tubería

$$p_m := 6.05 \left(\frac{Q_m^{1.85}}{C^{1.85} \cdot d_m^{4.87}} \right) \cdot 10^5 \quad \text{Fórmula 8.3.31.2 NFPA 14}$$

$p_m = 0.0078$ bar Por metro de tubería

Cálculos por accesorios en tubería

$Val := 6$ Número de válvulas de compuerta

$eVal := 3$ Equivalencia a distancia en tubería en plg

$C90 := 13$ Número de codos de 90 grados

$eC90 := 14$ Equivalencia a distancia en tubería en plg

$C45 := 3$ Número de codos de 45 grados

$eC45 := 7$ Equivalencia a distancia en tubería en plg

$T := 25$ Número de T

$eT := 30$ Equivalencia a distancia en tubería en plg

$$p_{acc} := Val \cdot eVal + C90 \cdot eC90 + C45 \cdot eC45 + T \cdot eT$$

$p_{acc} = 971$ pies

$$pac := \frac{p_{acc}}{3.28}$$

$pac = 296.037$ m

Pérdidas totales por tubería y accesorios

dist := 1580 m Distancia al punto más lejano de tubería-Punto crítico

ptub := pm · (dist + pac)

ptub = 14.64 bar Pérdida total por tubería

Cálculo de la potencia requerida para el punto crítico

Qmon := 750 gpm Caudal a usar por monitor y un gabinete

$Q_{mon} := Q_{mon} \cdot 6.309 \times 10^{-5}$

Qmon = 0.047 m³/s

rbom := 0.78 Rendimiento de la bomba. Según fabricante

$ptub := ptub \cdot 1 \cdot 10^5$

ptub = 1463976.26 Pa

Pot := Qmon · ptub · rbom

Pot = 54031.923 W

$Pot := \frac{Pot}{745.7}$

Pot = 72.458 Hp

Cálculo de formadores de espuma

Caudal requerido de espuma

φt := 12.27 m Diámetro de tanque de combustible (Fuel Oil 6)

$\phi_t := \phi_t \cdot 3.28$

φt = 40.246 pies

$At := \pi \cdot \frac{\phi_t^2}{4}$

At = 1272.12 ft²

dosis := 0.1 gpm/ft² Según NFPA 11

Qr := dosis · At

Qr = 127.212 gpm

Por lo cuál se escoge el equipo **AF 170 Marca: ANSUL**

Caudal requerido de agua

Datos conocidos

$T_r := 65 \text{ min}$ Tiempo de extinción mínimo según NFPA 11 para tanques de FUEL OIL

$T_{rm} := 10 \text{ min}$ Tiempo mínimo de apoyo de monitor según NFPA 11

$Q_{mo} := 500 \text{ gpm}$ Caudal del monitor

Caudal de formador de espuma

$$Q_f := Q_r \cdot T_r \cdot .03$$

$$Q_f = 248.063 \text{ gl}$$

Caudal de monitor

$$Q_m := Q_{mo} \cdot T_{rm} \cdot .03$$

$$Q_m = 150 \text{ gpm}$$

$$Q_a := Q_m + Q_f$$

$$Q_a = 398.063 \quad \text{Caudal total de agua para monitor y formador de espuma}$$

5. Bibliografía:

- Ansul. Foam System. Desing and Applications. Constructor Handbook. Ansul. 2009 Edition.
- Clarke Fire Protection Products Inc. Fire Pumps Manual. April 2010 Edition. Obtenido en línea el 28 de abril del 2010. Disponible en línea en <http://www.clarkfire.com>
- Corporación Ecuatoriana de Estudios y Publicaciones. Ley de Defensa contra Incendios. Reglamentos y Legislación Conexa. Corporación Ecuatoriana de Estudios y Publicaciones. Edición Marzo 2010.
- Corporación de Estudios y Publicaciones. Ley de Aguas. Reglamento y Legislación Conexa. Corporación Ecuatoriana de Estudios y Publicaciones. Edición Enero 2010.
- Green, Don W.; Perry, Robert H. Manual del Ingeniero Químico. Mc. Graw Hill Profesional. Octava Edición. Noviembre 2008.
- Fernández de Castro Díaz, Alfaro; Ruiz-Frutos Carlos. Seguridad Contra Incendios. Editorial Tecnos. Edición 2003.
- Firetrol ASCO Technologies. Manuales de Tableros de Control Eléctrico-Electrónico. Obtenido en línea el 22 de marzo del 2010. Disponible en <http://firetrol.com>
- ITT Industries. A-C Pumps Catalog. 2009 Edition. Obtenido en línea el 12 de marzo del 2010. Disponible en <http://www.acfirepump.com>.
- Lozano, Guillermo. Congreso “Diseño de Sistemas de Extinción por Espuma”. Noviembre 2009.

- Munson, Bruce R.; Young, Donald F.; Okiishi, Theodore H. Fundamento de Mecánica de Fluídos. Editorial Limusa. Diciembre 2003. Tercera Edición.
- NFPA. Norma NFPA 10 Norma para Extintores Portátiles contra Incendios. Edición 2007. ISBN 978-087765968-6
- NFPA. Norma NFPA 11 Standard for Low-,Medium-, and High-Expanson Foam. 2010 Edition. ISBN 978-087765966-2.
- NFPA. Norma NFPA 14. Standard for the Installation of Stanpipe and Hose Systems. 2010 Edition. ISBN 978-087765968-6.
- NFPA. Norma NFPA 30. Guía para Instalaciones de Líquidos Inflamables y Combustibles. Edición 2008. Traducido y editado en español por la OPCI.
- Quintela Cortes, Jesús Manuel. Instalaciones contra incendios. Editorial UOC. Primera Edición. Diciembre 2008.
- Victaulic Company. Sistemas de Protección contra Incendios G-105-SPAL. Actualizado a Diciembre 2009. Obtenido en línea el 29 de Marzo del 2010. Disponible en <http://www.victaulic.com>.