



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**“ZARAGOZA”**

**INGENIERÍA QUÍMICA**

**T E S I S**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA CONTRA INCENDIO A BASE  
DE ESPUMA AFFF PARA UNA MINA DE COBRE”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

**I N G E N I E R O Q U Í M I C O**

P R E S E N T A :

**A L F R E D O M I R E L E S O R O Z C O**

DIRECTOR DE TESIS:

D. R. ALEJANDRO DE LA CRUZ ROGEL RAMÍREZ



**Ciudad de México. 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

\*ZARAGOZA\*

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 274/15

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno (a): Mireles Orozco Alfredo

PRESENTE

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	QUIM. MARTHA ORTIZ ROJAS
VOCAL	DR. ALEJANDRO DE LA CRUZ ROGEL RAMÍREZ
SECRETARIO	I.Q. JOSÉ BENJAMÍN RANGEL GRANADOS
SUPLENTE	I.Q. JOSÉ ANTONIO ZAMORA PLATA
SUPLENTE	I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
México D.F. a 28 de Abril de 2015

JEFA DE CARRERA

  
I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA





---

## DEDICATORIA.

A mi padre, por darme la motivación y la fuerza de siempre ir hacia adelante, como profesionalista, pero principalmente como ser humano.

A mi madre, por tanto amor y dedicación.

A mis hermanos, por tanta comprensión, apoyo, amistad.

---



# Índice



---

**INDICE.**

<b>RESUMEN.</b>	<b>i</b>
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>ii</b>
<b>1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO.</b>	<b>2</b>
<b>1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.</b>	<b>4</b>
1.1.1 Objetivo.	4
1.1.2 Alcance.	4
1.1.3 Generalidades.	4
<b>1.2 TRITURACIÓN Y CURADO.</b>	<b>7</b>
1.2.1 Manejo del mineral.	7
1.2.2 Proceso de curado.	7
1.2.3 Proceso de captación y de Polvo.	8
<b>1.3 LIXIVIACIÓN.</b>	<b>9</b>
1.3.1 Principios teóricos.	9
1.3.2 Emplazamiento camas de lixiviación.	10
1.3.3 Descripción de Operaciones.	10
<b>1.4 EXTRACCIÓN POR SOLVENTES.</b>	<b>11</b>
1.4.1 Generalidades.	11
1.4.2 Etapas de Extracción.	12
1.4.3 Etapa de Despojo.	14
1.4.4 Configuración del Circuito de Extracción por Solventes.	14
1.4.5 Composición de la Solución Lixivante Enriquecida.	15
1.4.6 Control de Fierro y Cloro.	15
1.4.7 Composición del Electrolito.	17
1.4.8 Pérdidas y Recuperación de Orgánico.	17
1.4.9 Adición de Reactivos en Extracción por Solventes.	18
1.4.10 Parámetros de Operación.	20
<b>1.5 OPERACIÓN DEL ÁREA DE TANQUES.</b>	<b>20</b>
1.5.1 Generalidades.	20
1.5.2 Operación de los asentadores de acuoso en orgánico cargado.	21
1.5.3 Operación del post asentador para limpieza de electrolito.	21
1.5.4 Filtro de electrolito.	21
1.5.5 Cambiador de calor electrolito.	22
1.5.6 Planta de Tratamiento de Grumos y de Orgánico.	23



<b>1.6 ELECTRODEPOSITACIÓN.</b>	<b>23</b>
1.6.1 Principios Teóricos.	23
1.6.2 Balance Térmico.	25
1.6.3 Operaciones de Electrodeposición.	25
1.6.3.1 Configuración de la Casa de Celdas.	26
1.6.3.2 Celdas Electrolíticas.	27
1.6.3.3 Operación con Cátodo Permanente.	27
1.6.3.4 Ánodos.	28
1.6.3.5 Apoyo de Electroodos.	29
1.6.3.6 Limpieza de Celdas.	29
1.6.3.7 Control de Neblina Acida.	29
1.6.3.8 Grúa Puente.	30
1.6.3.9 Adición de Reactivos.	30
1.6.3.10 Rechazo, Muestreo y Análisis de Cátodos.	31
<b>1.7 MANEJO DE REACTIVOS.</b>	<b>32</b>
1.7.1 General.	32
1.7.2 Sistema de Almacenamiento de Ácido Sulfúrico.	32
1.7.3 Distribución de Reactivos.	32
<b>2 SISTEMAS CONTRAINCENDIO USO Y DESCRIPCIÓN.</b>	<b>34</b>
2.1 GENERALIDADES.	34
2.2 OBJETIVO.	34
2.3 ALCANCE.	34
2.4 CONDICIONES AMBIENTALES DE OPERACIÓN.	35
2.5 DESARROLLO.	35
2.6 SISTEMA DE CONTRAINCENDIO.	35
2.6.1 Equipo de Agua Contraincendio.	36
2.6.1.1 Bombas Contraincendio.	36
2.6.1.2 Tanque de Almacenamiento de Agua Contraincendio.	38
2.6.1.3 Red de tuberías para Suministro de Agua Contraincendio.	38
2.6.1.4 Material para Tuberías y Conexiones de Agua Contraincendio.	38
2.6.1.5 Hidrantes.	38



2.6.1.6	Hidrantes con Toma para Camión.	39
2.6.1.7	Hidrantes con Monitor.	40
2.6.2	Equipo de Agua – Espuma AFFF.	41
2.6.2.1	Tanque Tipo Vejiga para Concentrado de Espuma AFFF.	41
2.6.2.2	Boquillas de Aspersión.	42
2.6.2.3	Monitor para Espuma.	42
2.6.2.4	Boquilla para Monitor de Espuma.	43
2.6.2.5	Hidrantes para Espuma.	43
2.6.2.6	Proporcionador de Línea para Dosificación de Líquido Espumante.	43
2.6.2.7	Espuma Contra incendio (AFFF).	44
2.6.2.8	Válvula de Diluvio.	44
<b>3</b>	<b>DISEÑO DE LA RED CONTRA INCENDIO.</b>	<b>47</b>
3.1	CÁLCULO DEL RIESGO MAYOR.	47
3.2	DEFINICIONES.	47
3.3	CRITERIOS DE DISEÑO.	48
3.4	DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE INCENDIO.	48
3.5	REQUERIMIENTOS PARA CALCULAR LA DEMANDA DE AGUA CONTRA INCENDIO POR ZONA DE INCENDIO (ZDI).	51
3.5.1	ZDI-01 “Extracción por Solventes 1”.	51
3.5.2	ZDI-02 “Extracción por Solventes 2”.	51
3.5.3	ZDI-03 “Recuperación de Orgánico 1”.	51
3.5.4	ZDI-04 “Recuperación de Orgánico 2”.	52
3.5.5	ZDI-05 “Calentamiento de Electrolito Rico 1 y 2”.	52
3.5.6	ZDI-06 “Tanques Asentadores 1 y 2”.	52
3.5.7	ZDI-07 “Electrodeposición (CE-5001-CE-5092)”.	52
3.5.8	ZDI-08 “Electrodeposición (CE-5093-CE-5184)”.	53
3.5.9	ZDI-09 “Reactivos y Servicios”.	53
3.6	CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO Y DE ESPUMA AFFF.	54
3.6.1	Consideraciones para cálculo de agua contra incendio y espuma AFFF.	54





---

3.7	CÁLCULO DEL GASTO REAL TOTAL REQUERIDO POR ZONAS DE INCENDIO.	55
4	CÁLCULO HIDRÁULICO Y BOMBAS CONTRAINCENDIO.	58
4.1	ALCANCE.	58
4.2	DEFINICIONES.	58
4.3	NOMENCLATURA.	59
4.4	CRITERIOS DE DISEÑO.	60
4.5	BASES TEÓRICAS.	61
4.5.1	Régimen Hidráulico.	61
4.5.2	Teorema de Bernoulli.	61
4.5.3	Pérdidas por Fricción.	62
4.5.4	Pérdidas Locales.	63
4.5.5	El efecto Sifón.	63
4.5.6	Cavitación.	64
4.6	CÁLCULO HIDRÁULICO.	64
4.6.1	Cálculos en la succión.	65
4.6.2	Datos de diseño.	65
4.6.3	Cálculos.	66
4.6.4	Cálculos en la descarga.	67
4.6.5	Datos de diseño.	67
4.6.6	Cálculos.	68
4.6.7	Cálculo NSPH.	69
4.6.8	Cálculo Potencia al Freno.	69
5	SISTEMA DE ESPUMA.	71
5.1	ALCANCE.	71
5.2	METODOLOGÍA DE DISEÑO.	71
5.3	SELECCIÓN DEL TIPO DE BOQUILLAS.	71

---



<b>5.4</b>	<b>DENSIDAD DE APLICACIÓN.</b>	<b>73</b>
<b>5.5</b>	<b>METODOLOGIA DE CÁLCULO.</b>	<b>73</b>
5.5.1	Por flujo requerido.	73
5.5.1.1	Cálculo del área superficial del equipo a proteger ( $A_p$ ).	73
5.5.1.2	Determinar el flujo requerido para proteger el equipo ( $Q_{req}$ ).	73
5.5.1.3	Cálculo del número de boquillas por flujo requerido ( $N_b$ ).	74
5.5.1.4	Gasto real de acuerdo al número de boquillas ( $Q_r$ ).	74
5.5.2	Por arreglo de boquillas aspersoras ( $N_{BA}$ ).	74
5.5.2.1	Esquema de Cálculo.	74
5.5.2.2	Radio de cobertura de la boquilla ( $r_b$ ).	75
5.5.2.3	Cálculo del área a cubrir por la boquilla ( $A_b$ ).	75
5.5.2.4	Distancia entre boquillas ( $D_b$ ).	75
5.5.2.5	Calcular el Número de boquillas por arreglo ( $N_{BA}$ ).	75
5.5.2.6	Cálculo del traslape de los patrones de aspersion en metros ( $T$ ).	76
5.5.2.7	Cálculo de la distancia "S".	76
5.5.2.8	Cálculo de la distancia "N".	76
5.5.2.9	Cálculo de la distancia entre la pared del tanque y la boquilla.	76
5.5.2.10	Cálculo del Gasto Real por Arreglo de boquillas ( $Q_R$ ).	76
5.5.2.11	Cálculo de la Densidad de Aplicación Real ( $\rho A_{real}$ ).	76
5.5.2.12	Determinar el diámetro preliminar de la tubería.	76
<b>5.6</b>	<b>DESARROLLO DE LA MEMORIA DE CÁLCULO.</b>	<b>77</b>
5.6.1	Cálculo del área de aplicación.	77
5.6.2	Cálculo del flujo mínimo requerido.	77
5.6.3	Cálculo de la cantidad de boquillas.	78
5.6.4	Cálculo del flujo efectivo y área de cobertura por boquilla.	78
<b>5.7</b>	<b>REPORTE DEL CÁLCULO DEL SISTEMA DE ESPUMA.</b>	<b>79</b>
<b>5.8</b>	<b>SECUENCIA DE CÁLCULO.</b>	<b>80</b>
<b>5.9</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE BOQUILLAS.</b>	<b>82</b>
<b>6</b>	<b>TANQUES DE AGUA Y ESPUMA.</b>	<b>83</b>
6.1	ALCANCE.	84
6.2	CRITERIOS DE DISEÑO.	84



---

<b>6.3</b>	<b>CÁLCULO DEL TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO.</b>	<b>84</b>
6.3.1	Cálculo del volumen del Tanque.	84
6.3.2	Cálculo de la Altura del Tanque.	85
6.3.3	Volumen Total de Agua.	87
6.3.4	Volumen Total del Tanque.	87
6.3.5	Selección del Tanque.	87
<b>6.4</b>	<b>CÁLCULO DEL TANQUE DE CONCENTRADO DE ESPUMA AFFF.</b>	<b>88</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>90</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>94</b>
A.1	“TABLA DE PREVENCIÓN Y RIESGOS.”	95
A.2	“TABLA DE CATALOGO PARA SELECCIÓN DE TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO.”	98
A.3	“TABLA DE CATALOGO PARA SELECCIÓN DE TANQUE DE ESPUMA AFFF.”	99
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>101</b>



---

**INDICE DE TABLAS.**

<b>3.5.10</b>	<b>“Tabla de gasto de agua contraincendio de acuerdo a ZDI.”</b>	<b>53</b>
<b>3.6.1.1</b>	<b>“Tabla de gasto requerido de agua contraincendio y concentrado de espuma AFFF.”</b>	<b>55</b>
<b>3.7.1</b>	<b>“Tabla de gasto real total de agua contraincendio y concentrado de espuma AFFF.”</b>	<b>56</b>
<b>4.6.9</b>	<b>“Tabla de Resultados de análisis hidráulico.”</b>	<b>69</b>
<b>5.3.1</b>	<b>“Tabla de características de las boquillas de aspersión.”</b>	<b>72</b>
<b>5.7.1</b>	<b>“Tabla de tanques asentadores a proteger.”</b>	<b>79</b>
<b>6.2.1</b>	<b>“Tabla de gasto requerido por riesgo mayor.”</b>	<b>84</b>
<b>6.3.5.1</b>	<b>“Tabla de características de tanque de agua contraincendio.”</b>	<b>87</b>
<b>6.4.1</b>	<b>“Tabla de tanque bladder de concentrado de espuma AFFF.”</b>	<b>88</b>



## INDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1 Mapa de localización del área donde se instalara la mina.	02
Figura 1.2 Plano arreglo general de equipo.	03
Figura 1.1.3.1. Diagrama de Bloques Planta Trituración, Lixiviación, Extracción por Solventes y Electrodeposición.	06
Figura 1.4.2.1. Diagrama de bloques operación serie ES.	13
Figura 3.4.1 Plano arreglo general extracción por solventes, tanques, electrodepositacion.	49
Figura 3.4.2 Plano arreglo general de equipo en área de reactivos químicos.	50
Figura 5.5.2.1 Espaciamiento de boquillas de aspersion.	74
Figura 5.5.2.1 Angulo de aspersion de la boquilla.	75
Figura 5.9.1 Arreglo de distribución de boquillas.	82
Figura 6.3.2.1 “Tanque de Agua Contra incendio”	86
Figura 6.4.2 “Tanque de Concentrado de espuma AFFF”	89
Figura 6.5 “Plano de arreglo de red contra incendio.”	90
Figura 7.1.1 Plano de localización de equipo contra incendio.	92
Figura 7.1.2 Plano general de red contra incendio.	93



## RESUMEN.

El uso de sistemas de agua contraincendio es imperante para cualquier tipo de industria, y aún más para aquellas que manejan sustancias altamente peligrosas, estos sistemas deben ser de uso obligatorio, ya que con él pueden evitarse pérdidas humanas, así como pérdidas materiales cuantiosas.

Para el desarrollo correcto de un sistema contraincendio, es básico conocer primero los reactivos o sustancias que se están manejando para poder seleccionar el mejor sistema de combate de incendios, para una mina de cobre donde se usan reactivos altamente combustibles se requiere un sistema a base de agua-espuma AFFF, esto es debido a que esta espuma proporciona una capa sobre la superficie en la cual se está llevando a cabo el incendio, evitando con esto, la alimentación de oxígeno al fuego, propiciando que este mismo se propague, a su vez los equipos adyacentes a la zona del siniestro, deben ser enfriados con agua contraincendio, con la finalidad de evitar un sobrecalentamiento y una sobrepresión en el mismo.

Este diseño fue desarrollado para cumplir con los requerimientos mínimos de la zona que representa el riesgo mayor, en este caso es la zona de tanques asentadores (piletas), el sistema tendrá la capacidad de alimentar la zona siniestrada por un lapso de dos horas continuas, y además suministrar el vital líquido a los equipos vecinos, el sistema consiste en un tanque contraincendio calculado para contener el agua para el suministro de dos horas continuas, una bomba eléctrica calculada para llevar el agua desde el tanque a la zona requerida, esta bomba llevara el agua hasta el punto más desfavorable a una presión de  $7\text{Kg/cm}^2$ , en caso de alguna falla por suministro eléctrico, se contara con una bomba con motor diésel. Estas bombas enviaran el agua por una red de tuberías de  $12''\varnothing$  por toda la mina, teniendo ramificaciones hacia las distintas área, para el caso del riesgo mayor los disparos serán de  $6''\varnothing$  y a su vez continuaran con derivaciones hacia las boquillas de aspersion en un diámetro de  $2''$ .

En un punto cercano y seguro al área de riesgo mayor se colocara el tanque bladder o tanque vejiga, este tanque tiene la finalidad de suministrar el concentrado de espuma AFFF al sistema. Un tanque de membrana con proporcionadores adecuados inyecta concentrado de espuma en la vía de suministro de agua de un sistema extintor de incendios y efectúa el proporcionamiento en forma automática..

Todo el sistema se encuentra dentro de las normas y estándares establecidos, nacionales e internacionales, así como los equipos deberán ser certificados y listados por las vías correspondientes para el correcto uso del sistema.



### INTRODUCCIÓN.

La Seguridad en la situación actual del país se encuentra en un punto muy desfavorable, ya que el alto índice de accidentes laborales que se registran en las áreas de trabajo es muy elevado, debido a las pocas o nulas metodologías en cuanto a seguridad e higiene se refieren.

Debido a la falta de programas para la prevención de accidentes y mantenimiento en nuestras zonas de trabajo es que en el año 2005 se registraron 302,886 accidentes y enfermedades en el trabajo. De las cuales 20,693 fueron incapacidades permanentes y 1,367 fueron defunciones, estas estadísticas reportadas por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) División Técnica de Información Estadística en Salud ST-5 nos dicen que de cada 100 trabajadores 2.3 sufren accidentes de trabajo, por cada 1,000 trabajadores 39.2 sufren incapacidades permanentes, y de cada 10,000 trabajadores 0.9 mueren por accidentes en sus áreas de trabajo, siendo estas cifras alarmantemente altas.

Es por estas cifras que se hace imperante la necesidad de crear conciencia en cuanto a la seguridad del personal y las instalaciones, diseñando sistemas contraincendio acordes a las instalaciones, así como sistemas de detección y alarma, que nos permitan atender un conato de incendio antes de que ocurra una tragedia de mayores magnitudes.

Recientemente en mina maría, en cananea sonora ocurrió un accidente, siendo esta mina muy parecida a la mina calcosita en proceso y en la obtención de valores, en los tanques de extracción por solventes fue donde se llevó a cabo el incidente, este fue un accidente que se pudo evitar, pero debido a que no se contaba con una red de contraincendio adecuada, ni a personal entrenado para atenderlo, tal situación se salió de control de tal manera que el fuego llegó a todos los tanques de extracción por solventes, afortunadamente no hubo pérdidas humanas, pero las pérdidas materiales fueron cuantiosas, no solo por el equipo que se vio afectado por el incendio, sino porque la mina tuvo que cerrar por mucho tiempo.

Cuantas veces no hemos visto que la red de contraincendio es usada para lavar equipos, como agua de servicios, o para otros fines para los cuales no fue diseñada, siendo este un riesgo potencial, es por eso que se debe crear la cultura de la seguridad, creando conciencia en los trabajadores así como en los dueños de las empresas, llevando a cabo simulacros y capacitando a la gente para una pronta y eficaz reacción ante una inminente tragedia.

En este trabajo se diseñó una red de agua contraincendio y en su caso la adición de espuma AFFF que es la indicada para sofocar incendios cuando se trabaja con este tipo de reactivos en una mina de cobre. Tomando en cuenta siempre las normas y estándares nacionales (Normas Oficiales Mexicanas, Ley General de Salud y Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.) y las internacionales (NFPA, FM.)



# 1. Descripción del sitio





## 1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO.

El área donde se pretende desarrollar el proyecto se ubica dentro del municipio de Mazapil, en el norte del estado de Zacatecas en la cercanía de la comunidad de Salaverna, 228km. al NE en línea recta de la ciudad de zacatecas y a 6.4km. Del municipio de Mazapil.

Al sitio del proyecto se puede acceder fácilmente por la infraestructura carretera existente, de la ciudad de zacatecas se puede utilizar la carretera No. 54 hasta llegar al entronque con la carretera Pabellón – Mazapil y de ahí se sigue aproximadamente 20km.

Otra vía es por la ciudad de Saltillo, Coahuila, se utiliza la misma carretera No.54 (Saltillo-Zacatecas), recorriendo 124km. Hasta el entronque con la carretera Pabellón Mazapil y de ahí, como se mencionó anteriormente, se recorre cerca de 20km.



**Figura 1.1 Mapa de localización del área donde se instalará la mina. Fuente: Google Maps, Elaboración Propia, 2015**

Las instalaciones de la planta comprenden las siguientes áreas principales:

- Área de Trituración y Curado.
- Área de Lixiviación.
- Área de Extracción por Solvente.
- Área de Tanques.
- Electrodeposición.
- Servicios.

Estas áreas de ven en el siguiente plano 01.



DESCRIPCIÓN DEL SITIO Y DEL PROCESO

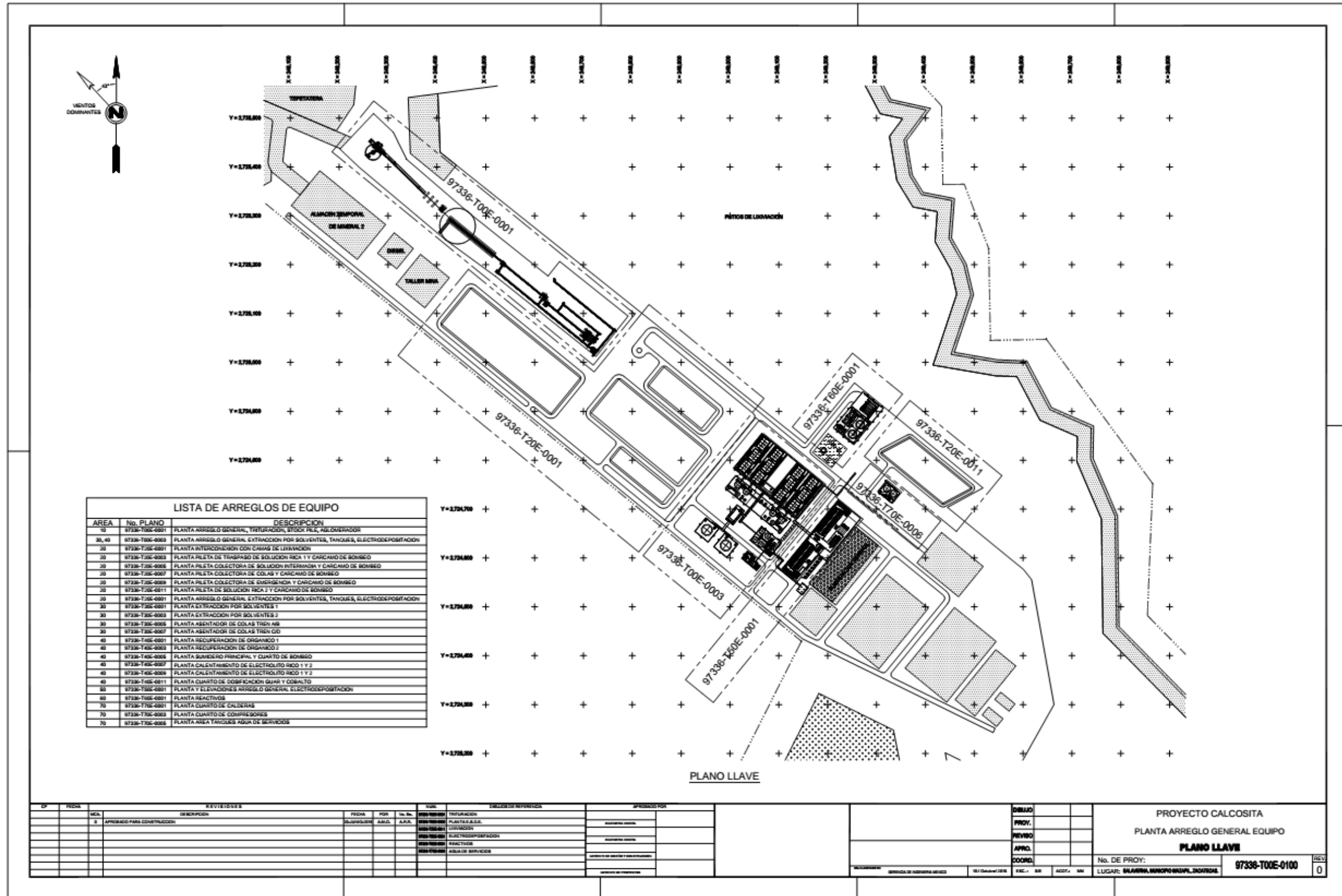


Figura 1.2 Plano arreglo general de equipo. Fuente Elaboración propia 2014



### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

En este capítulo se describe la función, capacidad y ubicación de cada uno de los equipos que componen el proceso y sus puntos de acción.

#### 1.1.1 Objetivo.

La descripción de los principales conceptos de procesos requeridos para operar la Planta de la Minera Calcosita. Los conceptos tratados comprenden los conceptos básicos de operación pertenecientes a los procesos de Trituración y Curado, Lixiviación (LX), Extracción por Solventes (ES) y Electrodeposición (ED).

#### 1.1.2 Alcance.

Este capítulo cubre las siguientes operaciones:

- Trituración y Curado.
- Lixiviación.
- Extracción por Solventes.
- Área de Tanques.
- Electrodeposición.
- Manejo de Reactivo.

En términos generales este capítulo contiene una descripción detallada de los procesos unitarios, reacciones químicas y electro-químicas involucrados en las operaciones de Trituración y Curado, Lixiviación, Extracción por Solventes y Electrodeposición.

#### 1.1.3 Generalidades.

Minera Frisco ha desarrollado el proyecto Mina Calcosita para procesar minerales sulfurados de cobre por lixiviación, extracción por solvente y electrodeposición. La planta tiene una capacidad de 68 toneladas métricas por día de cobre catódico grado A.

El mineral procesado provendrá de la mina Calcosita y será transportado en camiones tolva hasta el área de trituración primaria específicamente sobre el triturador primario. El mineral triturado alcanza una granulometría de 37mm (1/2") con dos etapas de trituración en circuito abierto. El mineral triturado es curado con colas (o agua, si corresponde) y ácido sulfúrico en las transferencias de las transportadoras de bandas previas a la lixiviación en camas.

El mineral curado se descarga a través del chute de la última transportadora a los camiones tolva para ser apilado en las camas de lixiviación. Luego de 280 días de



## DESCRIPCIÓN DEL SITIO Y DEL PROCESO.

---

lixiviación, el mineral apilado es lavado con agua y abandonado, dejando las camas en el lugar.

La Solución Lixivante Enriquecida en cobre (SLE) es procesada en la planta de extracción por solventes (ES), para transferir el cobre desde la solución SLE al orgánico y desde éste a la solución de electrolito pobre, obteniéndose como producto de ES el electrolito rico.

El electrolito rico es tratado en la planta de electrodeposición (ED), para extraer el cobre en forma metálica (cátodos).

La figura 1.2.1.1 muestra un diagrama general en bloques del proceso, incluyendo trituración, lixiviación, extracción por solventes y electrodeposición.

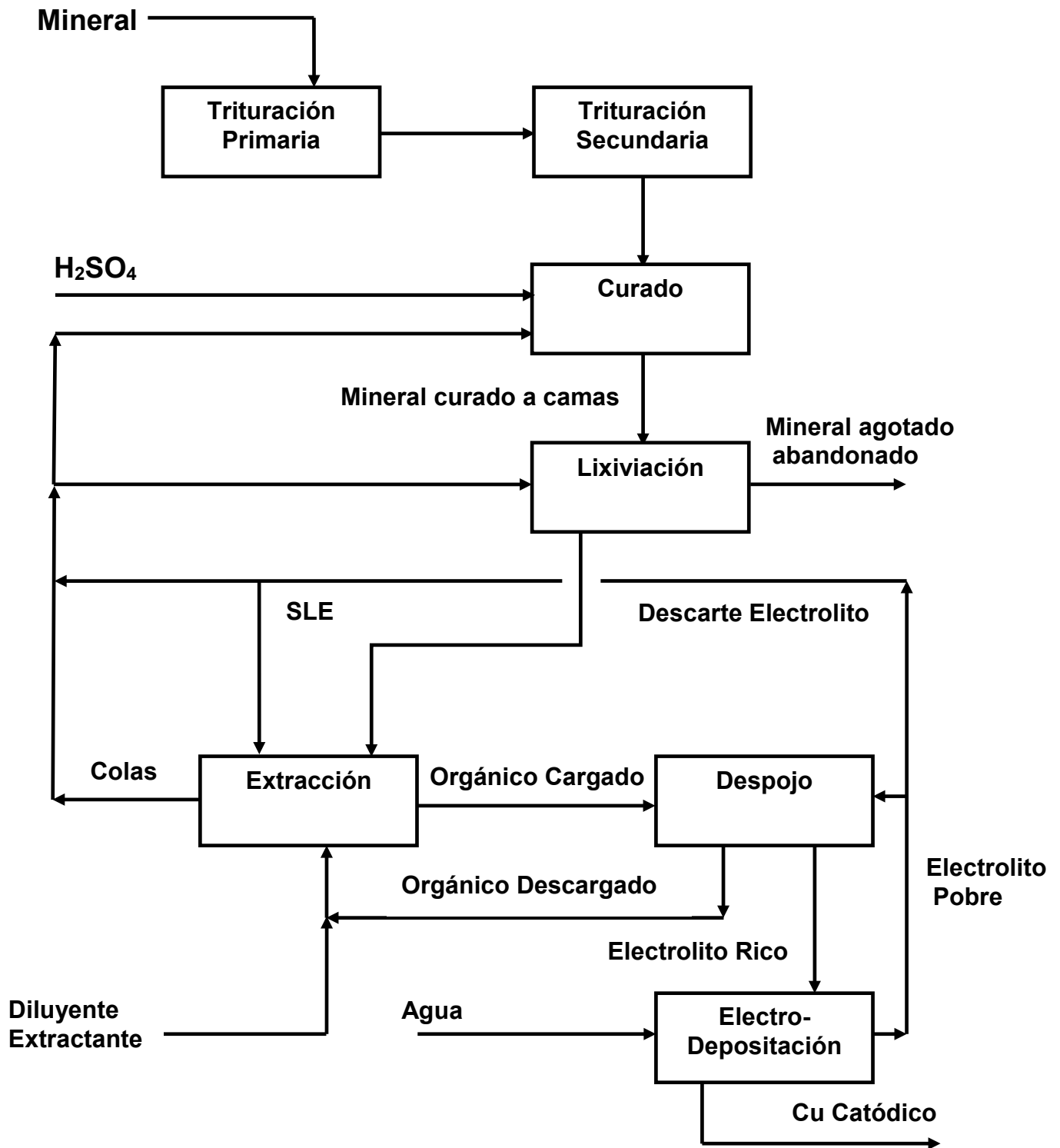


Figura 1.1.3.1. Diagrama de Bloques Planta Trituración, Lixiviación, Extracción por Solventes y Electrodeposición. Fuente: Mina María, Manual de operación, 2003



## 1.2 TRITURACIÓN Y CURADO

### 1.2.1 Manejo del mineral

El mineral, que contiene especies de cobre sulfuradas, es transportado por camiones desde la mina a la Planta de Trituración y Curado, donde es sometido a trituración primaria y secundaria, llegando a obtener un producto final con un 96% de granulometría bajo 1 ½" que irá al proceso de lixiviación.

El tamaño del mineral obtenido en la trituración permite que las soluciones de lixiviación, a la que será sometido el mineral posteriormente, tengan una mayor superficie de transferencia y así producir un aumento en la cinética de disolución de la partícula de mineral.

El mineral grueso de mina es descargado directamente al triturador primario, desde los camiones tolva, para obtener una granulometría inferior a 6" de tamaño máximo del mineral, luego el mineral a través de alimentadores de placas y transportadores de banda, descarga en una pila de mineral grueso con una capacidad de carga viva de 21,500 t. Desde ahí el mineral es transportado a través de los alimentadores de banda y transportadores de banda hasta las cribas secundarias (con una abertura de 1 ½"), donde se separa el mineral grueso (mayor a 1 ½"), que es procesado por los trituradores secundarios para obtener el tamaño deseado (96% inferior a 1 ½") juntándose con el mineral fino (93 % inferior a 1 ½") proveniente directamente del bajo tamaño de la criba secundaria, pasando directamente a los transportadores de banda. El mineral fino es transportado hacia las camas de lixiviación por camiones, pasando antes por la etapa de curado.

### 1.2.2 Proceso de curado.

El curado se realiza con la finalidad de oxidar los elementos solubles y algunos insolubles. Para ello es necesario que la solución ácida (colas) contenga fierro en cualquiera de sus estados ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ). La oxidación natural del  $Fe^{2+}$  se obtiene por parte del oxígeno del aire (proceso relativamente lento) o mediante la disolución con ácido de especies oxidadas de fierro (contenidas en la ganga por ejemplo), que de todas formas requerirán de cierta acidez y potencial Eh mínimo, para la obtención del ion  $Fe^{3+}$  necesario en la reacción de los sulfuros. Por esto, en la práctica operacional, se suele intentar "activar" la lixiviación, con éxito relativo, mediante adiciones esporádicas de soluciones de mayor acidez, seguidas de períodos de reposo.

El mineral triturado es "curado" con ácido sulfúrico concentrado (97% de  $H_2SO_4$ ) en las transportadoras de banda y apilado en camas de lixiviación. El fuerte ataque de ácido realizado antes de la irrigación con la solución de lixiviación promueve una cinética rápida



## DESCRIPCIÓN DEL SITIO Y DEL PROCESO.

---

de la operación de lixiviación y ayuda a incrementar el grado de recuperación de cobre. Además la adición de ácido después de la adición de colas, libera calor de disolución, el cual, aumenta la velocidad de reacción en la oxidación de las especies sulfuradas en la planta de trituración, el curado se practica en dos transportadoras de banda instaladas en serie agregando soluciones ácidas en los chutes de descarga, por medio de dos estaciones de rociado.

En los ensayos metalúrgicos realizados con el mineral se estableció una adición de 5.4 kg de ácido/Ton M, para una base de 21,058 T/d.

El producto del mineral triturado contiene una fracción importante de material fino, el cual se humedece con agua de planta o colas y luego se cura con ácido sulfúrico concentrado en dos bandas. La acción química del ácido permite que comience una reacción química que "aglomera" el material aunque sea incipientemente, lo que reduce la cantidad de finos sueltos. El mineral triturado tiene una humedad cercana a 3%, mientras que el mineral curado contiene alrededor de 6.5% de humedad al salir de las correas de curado.

En el chute de entrega del transportador de banda 10-MM-51 al transportador de banda 10-MM-52, se rocía el mineral con colas, a un caudal de diseño de 69m<sup>3</sup>/h aproximadamente, siendo la primera etapa del curado. Cuando no se dispone de colas se adiciona agua industrial, para diluir el efecto del ácido sulfúrico en la siguiente etapa del curado.

El ácido sulfúrico concentrado (97% pureza) se rocía, sobre el mineral triturado, en la descarga de la banda transportadora 10-MM-52, a un caudal de 2,3m<sup>3</sup>/h aproximadamente, de modo que el ácido tome contacto y se mezcle con el mineral triturado. El transportador de banda final de curado descarga en la transportadora de banda 1Q-MM-04, que a su vez descarga en un chute de emergencia que alimenta a los camiones para cargar las camas de lixiviación.

Cuando existe mucho fierro ( $\geq 2.5\text{g/l}$ ) en el electrolito de descarte, se adiciona al mineral una mezcla de colas y electrolito descartado, donde el electrolito se adiciona por gravedad, al circuito de colas, utilizando el ácido y recirculando el cobre de éste.

Ambos flujos (colas y ácido) están relacionados con el peso del mineral triturado medido en el pesómetro 10-MZ-63.

### **1.2.3 Proceso de captación y de Polvo.**

El proceso incorpora sistemas de colector de polvo en todos los puntos críticos de la planta de trituración, que generen emanaciones de polvo al ambiente, reduciendo la generación de polvo mediante colectores de polvos o filtros de mangas de alta eficiencia.



El polvo retenido es devuelto al proceso mediante transportadores de tornillo, en colectores medianos y grandes, hacia la descarga por válvulas rotativas, o sólo válvulas rotativas en colectores pequeños, instaladas en las tolvas inferiores de cada colector de polvo. Estas descargas son mediante duetos inclinados en el sentido de avance de los transportadores de banda receptores, con el fin de reducir el impacto del polvo descargado. Para hacer más eficiente el sistema de captación, cada transferencia de mineral tiene una captación en la transferencia o entrega de mineral de un transportador de banda a otro u otro equipo, en general sobre todos los puntos donde el proceso emite polvo al ambiente.

### 1.3 LIXIVIACIÓN.

#### 1.3.1 Principios teóricos.

La lixiviación de especies minerales sulfuradas en ambiente ácido, mediante el uso de sales férricas como oxidante, particularmente del sulfato férrico  $Fe_2(SO_4)_3$  y el cloruro férrico  $FeCl_3$  ocurre con cierta rapidez, liberándose azufre elemental.

Su mayor limitación está dada por el reducido campo de estabilidad que muestra el ión férrico, limitando su actividad a condiciones específicas de pH y Eh.

En este caso se trata de una lixiviación aplicada directamente sobre minerales, sin haber sido éstos sometidos a concentración alguna. El mineral a lixiviar previamente ha pasado por un proceso de trituración primaria, secundaria y curado con una granulometría de un 96% bajo 1 1/2", obteniéndose con esto una mejor disolución de las especies sulfuradas en las camas, por la acción del ión férrico.

Mina Calcosita determinó en sus pruebas de laboratorio y ensayos a escala piloto los diferentes parámetros que intervienen durante el proceso de lixiviación en camas, obteniendo los siguientes valores:

- Ciclo de lixiviación: 280 días
- Tasa de riego: 121/h/m<sup>2</sup>
- Consumo de ácido total, incluyendo el curado: 5 kg/t de mineral
- Extracción de cobre (promedio): 78 %

La mayor parte del ácido fresco se agrega en la etapa de curado. Las pruebas en planta piloto han permitido establecer que, si en la etapa de curado se agrega alrededor del 80% del ácido requerido, se logra maximizar la recuperación de cobre. El resto del ácido debe agregarse al circuito de lixiviación para alcanzar el consumo nominal total de ácido.





El balance del agua en la operación de lixiviación en camas debe ser estricto. El agua que ingrese al sistema debe equivaler exactamente al agua que abandona el sistema. Las siguientes son las fuentes principales de pérdida de agua en el proceso de lixiviación en camas:

- Humedad contenida en los residuos de las camas.
- Irrigación: evaporación en las camas.
- Evaporación de las distintas lagunas y tanques.

### **1.3.2 Emplazamiento camas de lixiviación.**

El área de las camas de lixiviación ha sido preparada de la siguiente manera:

- Remoción de piedras y rocas punzantes.
- Compactado en seco con rodillo vibratorio.
- Cubierta de áreas rocosas con material fino.
- Compactado en húmedo para controlar la producción de polvo.

La planta de lixiviación consiste en camas de lixiviación formadas en niveles. Los niveles de las camas estarán formados por hileras y a su vez las hileras tendrán módulos. Los módulos serán formados según un procedimiento para instalar cada uno de los componentes necesarios para la lixiviación. Cada cama tiene su respectiva canaleta recolectora de solución ubicada en el costado más bajo del terreno que corre paralela al eje de cada lecho.

Las camas de lixiviación están diseñadas y construidas considerando las condiciones específicas del sitio, las características físicas del suelo, la estabilidad de taludes en caso de anegamiento por mala percolación y de actividad sísmica. La construcción de una cama de lixiviación consta de las siguientes fases:

- Acondicionamiento de la superficie.
- Colocación de membrana plástica.
- Instalación de sistemas de tuberías de drenaje.
- Colocación de tuberías de aireación.
- Colocación del material a lixiviar.
- Instalación del sistema de riego.

### **1.3.3 Descripción de Operaciones.**

El mineral curado es transferido desde la última transportadora de banda en la estación de cargado a los camiones que llevarán el mineral a las terrazas donde se formarán las camas de lixiviación. Una vez que se ha formado un área de cama suficientemente amplia como para iniciar el proceso de irrigación, se instalan las tuberías que llevarán el riego por goteo de la solución de ácido sulfúrico mezclado con agua, que extraerá el



cobre. Este proceso de riego y aireación a intervalos de cuatro días cada uno, dura aproximadamente 280 días totales.

Conforme se avanza en la formación de las camas se dejan insertas y perdidas las tuberías de drenaje de los sulfuros lixiviados y las de inyección de aire colocadas para acelerar la reacción. El régimen de equilibrio se establece cuando un módulo de una cama de lixiviación cumple su ciclo (es abandonado) y se comienza a lixiviar un nuevo módulo. La solución de lixiviación es formada en la pileta de colas y desde aquí es impulsada por bombas a los sistemas de riego por goteo. La solución lixivante enriquecida en cobre, se recolecta en la pileta de SLE y desde aquí pasa a la extracción por solventes.

Cuando una cama no ha entrado a régimen como solución SLE se desvía a una pileta de solución intermedia SU, desde esta pileta se recircula la solución a las camas hasta que éstas entren en régimen, para que la solución se enriquezca en contenido de cobre. Logrando el enriquecimiento de la solución, esta se desvía a la pileta de solución SLE. Si el proceso es de agotamiento, la solución intermedia se recirculará hasta que la pila se agote para ser abandonada. Para todas estas operaciones se deben mover tuberías y/o mangueras a las respectivas canaletas de recolección.

Mina Calcosita no contará con un sistema de remoción de mineral agotado ya que cada cama formada quedará en su lugar una vez abandonada. Por esta razón y la geometría de las terrazas, en un principio irán quedando enterradas las tuberías de riego por goteo, ya que el área formada para riego no será suficiente para que las camas iniciales sean abandonadas antes de que sea necesario formar nuevas camas sobre las que están en producción. Se estima que será necesario formar camas. Hasta un cuarto nivel para que el área de riego, a plena producción, sea solo en un mismo nivel. Cada nivel intermedio debe quedar aislado del anterior y sus derrames no mezclarse y ser conducidos adecuadamente.

## **1.4 EXTRACCIÓN POR SOLVENTES**

### **1.4.1 Generalidades**

Minera Frisco ha desarrollado el proyecto "Planta Mina Calcosita" para procesar minerales sulfurados de cobre por Lixiviación, Extracción por Solvente y Electrodeposición. La planta de tratamiento tiene una capacidad de producción nominal de 24,480 toneladas métricas por año de cobre catódico grado A.

El diseño contempla la siguiente flexibilidad operativa:



## DESCRIPCIÓN DEL SITIO Y DEL PROCESO.

Operación	Cu SLE	Eficiencia Extracción	Eficiencia Corriente	Producción Cátodos Grado A
Serie	3.74 g/lit	92 %	92 %	68 TM/día

La Extracción por Solventes (ES) se usa para obtener cobre selectivamente de las soluciones de lixiviación cargadas (SLE). Todas las demás impurezas, excepto el hierro, no son extraídas y quedan en la solución acuosa, la que se recircula a la etapa de lixiviación.

La Extracción por Solventes de los valores de cobre que contiene la solución cargada de lixiviación se logra en un tren de mezcladores-asentadores ES, con una capacidad de diseño de 952 m<sup>3</sup>/hora de alimentación de SLE. El tren está formado por:

- Dos etapas de extracción.
- Una etapa de despojo.

El porcentaje de extractante en la fase orgánica que se requiere para la planta puede variar entre 10 % Y 12 % en volumen, en promedio se considera 11.5 %. Este porcentaje está determinado por el tenor de cobre que contenga la solución SLE.

### 1.4.2 Etapas de Extracción.

La solución cargada de lixiviación fluye por gravedad desde la pileta de solución lixivante rica al tanque mezclador primario de la etapa de extracción (E-1), donde se pone en contacto con solución orgánica parcialmente cargada que avanza desde la segunda etapa de extracción (E-2). La razón general O/A para estas etapas es de 1:1.1 para la etapa de E-1 y 1.1:1 para E-2, lo que fija el volumen de orgánico en la planta de ES.

Después de separar las fases de acuoso y de orgánico en el asentador de la primera etapa de extracción (E-1), la solución acuosa, parcialmente descargada de cobre, fluye hacia la segunda etapa de extracción (E-2). El orgánico cargado del asentador de la primera etapa de extracción (E-1) fluye al tanque asentador de orgánico cargado. La figura 1.5.5.2.1 muestra un diagrama general de bloques del sistema de extracción por solventes.

En el tanque mezclador primario de la segunda etapa de extracción (E-2), la solución acuosa de E-1 se pone en contacto con solución orgánica descargada para completar la transferencia de valores de cobre desde la fase acuosa a la fase orgánica. Después de la separación de fases en el mezclador E-2, la solución acuosa de colas, ahora descargada de cobre, fluye por gravedad hacia el post asentador de colas, diseñado para el total de colas, en el cual flotan las micro gotas de orgánico arrastradas. En este post asentador



está incorporado un sistema de inyección de aire, mediante agitadores de turbina. El orgánico acumulado se retira hacia el tanque de recepción de grumos, por intermedio de la bomba portátil recuperadora de orgánico.

La solución de orgánico parcialmente cargada de cobre fluye desde E-2 hacia el mezclador primario de E-1 para tomar contacto con solución fresca de SLE.

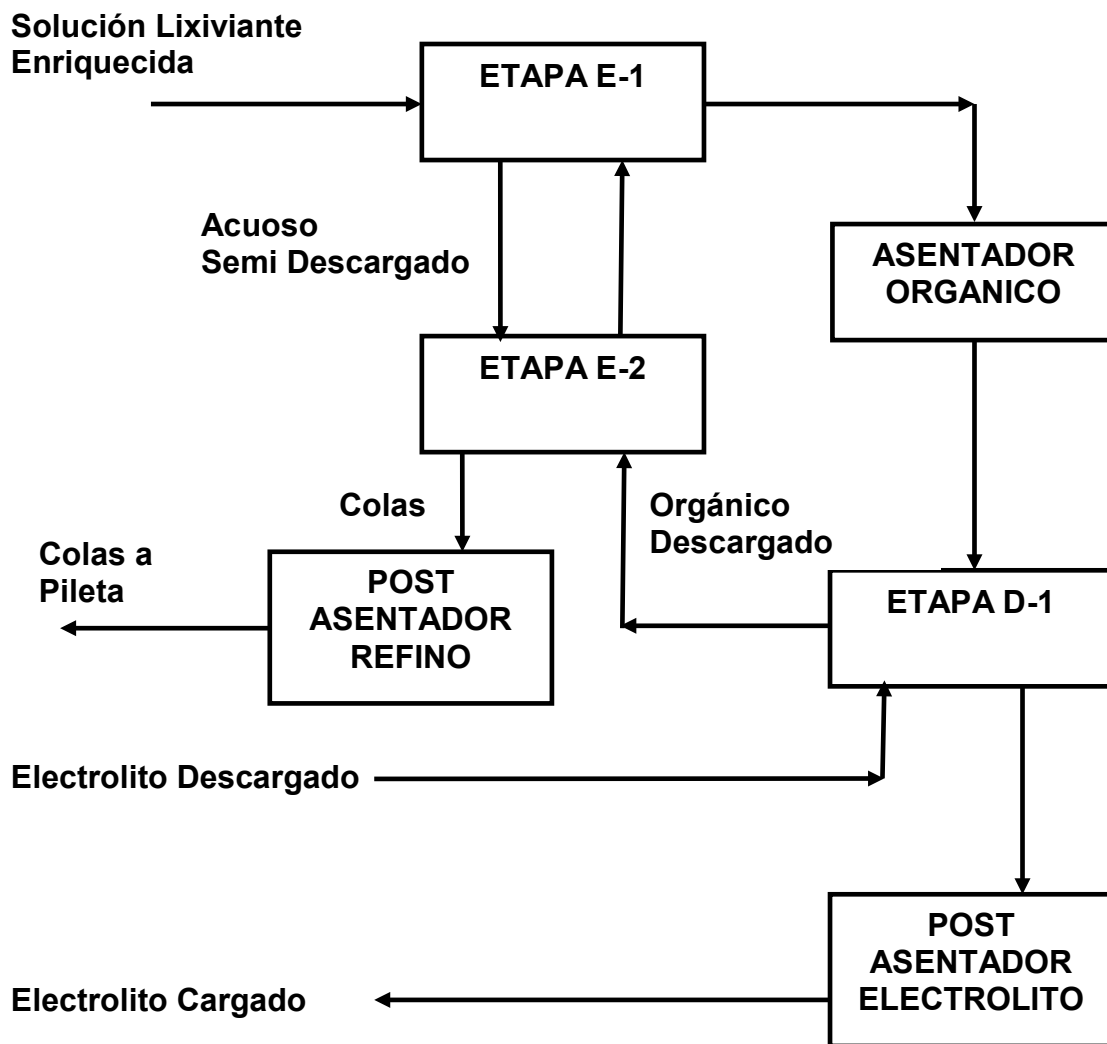


Figura 1.4.2.1. Diagrama de bloques operación serie ES.  
Mina María, Manual de operación, 2003



### 1.4.3 Etapa de Despojo.

El orgánico cargado y coalescido, contenido en el tanque asentador de orgánico cargado es impulsado hacia la etapa de despojo (D-1) donde el orgánico entra en contacto con electrolito pobre altamente acidificado proveniente del área de electrodeposición. Después de la separación en el asentador de la etapa de despojo, el orgánico descargado fluye hacia la segunda etapa de extracción (E-2) para comenzar nuevamente el ciclo de cargarse con cobre. Parte de la solución de electrolito pobre se recicla desde el asentador, hacia la entrada del electrolito al mezclador de despojo, para mantener la razón O:A de 1.1:1. La porción de electrolito rico que sale de D-1 avanza hacia el circuito de electrodeposición para la recuperación del cobre, específicamente hacia el proceso de limpieza.

### 1.4.4 Configuración del Circuito de Extracción por Solventes.

Existen dos modalidades de operación de acuerdo a la concentración de la solución lixivante, la operación del tren de extracción en serie o en serie-paralelo. Para la Planta de Mina Calcosita se operará sólo en modalidad serie, la cual tiene la siguiente secuencia, (ver fig. 1.5.5.2.1):

La etapa E-1 es la primera etapa de extracción y recibe la solución lixivante rica y el orgánico parcialmente cargado de la etapa E-2. El flujo de orgánico cargado sale de E-1 al tanque asentador de orgánico. La solución acuosa E-1 descarga posteriormente en E-2.

La etapa E-2 es la segunda etapa de extracción y recibe el orgánico descargado de la sección de despojo y la solución acuosa de E-1 de la cual se ha extraído parcialmente el cobre. El flujo de colas sale de E-2 y fluye hacia un post asentador, capaz de procesar la totalidad de colas. El orgánico que va hacia E-2 recibe también la recirculación de orgánico de esta misma etapa.

La etapa D-1 se alimenta con electrolito pobre proveniente de las celdas de producción mezclándose con el orgánico cargado proveniente del tanque asentador de orgánico. Posteriormente, el orgánico fluye a la segunda etapa de extracción E-2. El electrolito que descarga de la etapa D-1 es enviado a un post asentador y luego al tanque de alimentación de filtros, pasando por un proceso de filtración con antracita, para eliminar los arrastres de orgánico y almacenarlo en un tanque de alimentación de celdas de limpieza, de donde se alimentan las celdas de limpieza de electrodeposición. El electrolito que ingresa a D-1 recibe la recirculación desde el asentador para mantener una relación O/A cercana a 1.



### 1.4.5 Composición de la Solución Lixivante Enriquecida.

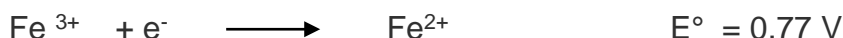
La Solución Lixivante Rica que alimenta el circuito de Extracción por Solventes proviene de la etapa de lixiviación, con las siguientes características nominales.

Caudal	:	952 m <sup>3</sup> /h
Cobre	:	3.74 g/l
Acido Libre	:	1.2 Ac/l
Cloruro	:	760 ppm Cl (estimado)
Fierro Total	:	3.9 g Fe/l
Gravedad especifica	:	1.05 Kg/l
Temperatura	:	10-27 °C

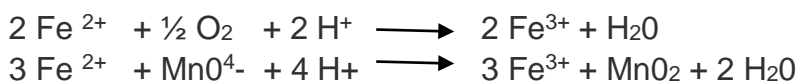
### 1.4.6 Control de Fierro y Cloro.

Una de las consideraciones predominantes para la configuración del circuito de Extracción por Solventes es el control del fierro y el cloro en el flujo de electrolito circulante en la casa de celdas. La solución SLE contiene un nivel de fierro total que alcanza los 3.9 g/l del elemento, con alto contenido de este en estado férrico y un nivel de cloro de 760 ppm.

Si se permite que se acumulen niveles excesivos de fierro en el flujo de electrolito circulante, puede ocurrir que, además de las reacciones fundamentales, ocurran otras reacciones indeseadas que consumen parte de la corriente impuesta sobre el sistema y disminuye la eficiencia de corriente en las celdas electrolíticas del proceso. Como es la reacción en el cátodo de:



En solución:



Para minimizar los problemas asociados a la alta concentración de fierro que se traspasa al electrolito por atrapamiento físico, se adoptaron medidas asociadas con configuraciones de equipos para controlar el traspaso de las etapas de extracción a las de despojo. La medida final de control de concentración consistirá en la purga de parte del electrolito gastado a la solución de colas, lo que implica una recirculación de cobre externa a la Planta de Extracción por Solventes y un enriquecimiento de colas en ácido. La otra posibilidad es recircular este electrolito a E-2 con su respectiva alza de acidez en



esta etapa y un efecto negativo al porcentaje de extracción.

El orgánico cargado que sale de E-1 contiene un arrastre de acuoso, que posteriormente contacta al electrolito pobre para despojar el cobre y formar el electrolito rico. Cualquier arrastre de acuoso que acompañe al orgánico cargado puede mezclarse con el electrolito de despojo, contaminando así el electrolito rico con todos los componentes contenidos en el arrastre de acuoso.

Para alcanzar este nivel extremadamente bajo de fierro, se consideró un circuito con una configuración que consiste en una etapa de asentador de arrastre, tanques y atrapamiento de grumos. El orgánico cargado que sale de E-1 pasa a través del tanque asentador de orgánico cargado, el cual atrapa los arrastres de acuoso. El orgánico entra a través de un distribuidor que descarga la solución cerca del fondo del asentador en flujo ascendente. El material asentado retiene el acuoso arrastrado, el que se decanta hacia el fondo del tanque, desde donde se descarga a la canaleta de acuoso de E-1.

El control de fierro y cloro en el electrolito es muy importante en la operación de la planta. Se han determinado niveles mínimos y máximos de fierro y cloro total en el electrolito para la operación adecuada de la nave de electrodeposición.

El contenido máximo de fierro aceptable es de 2.5 g/l. Si el contenido de fierro excede de dicha medida, se produce una disminución excesiva de eficiencia de corriente. Puesto que el fierro existe en dos estados de valencia (tanto ferroso (+2) como férrico (+3)), se puede establecer un par oxidación-reducción, desperdiciando así energía eléctrica. El contenido máximo de cloro es de 25 ppm. El cloro en el electrolito produce corrosión en los ánodos debido a la formación de cloruro plumboso, el cual es muy insoluble. Además junto con el ión permanganato aumenta el potencial redox produciendo una degradación de orgánico en la etapa de despojo.

El contenido mínimo de fierro es de 1.0 g/l. Las pruebas en planta piloto han mostrado que el mantener este valor mínimo, la corrosión por picadura ("pitting") causada por el cloro en los cátodos permanentes puede reducirse significativamente. El fierro tiene la capacidad de controlar la corrosión por cloro. El control de fierro a este nivel aporta un factor adicional de seguridad en la operación de la planta, además de generar calor al electrolito. El valor mínimo de cloro es de 5 ppm, la solución de electrolito debe contener cloruro debido a que en presencia de ión fierro (+3), forma el cloruro férrico el cual es un compuesto estable.

El nivel de equilibrio esperado para el fierro en el electrolito es de aproximadamente 2 g/l



#### 1.4.7 Composición del Electrolito.

La composición del electrolito es un factor importante para las operaciones tanto de Extracción por Solventes como de Electrodeposición.

Para el proyecto Planta Mina Calcosita se ha especificado la siguiente composición para el electrolito pobre:

- Cobre : 35 g Cu/l
- Ácido sulfúrico : 178.1 g Ac/l
- Fierro Total : 0.52 g Fe/l
- Cloro : 25 ppm/Cl

Las etapas de despojo producen la siguiente composición del electrolito rico:

- Cobre : 50 g Cu/l
- Ácido sulfúrico : 155.9 Ac/l
- Fierro total : 0.52 g Fe/l
- Cloro : 25 ppm/Cl

#### 1.4.8 Pérdidas y Recuperación de Orgánico.

Uno de los mayores costos en cualquier operación de extracción de cobre por solventes es la pérdida del orgánico. Se denomina orgánico a la mezcla de extractante y diluyente. La pérdida de extractante se produce básicamente como consecuencia del arrastre del orgánico en cualquier flujo de fase acuosa que salga del circuito, y también como el orgánico que permanece sin recuperarse después de la operación del tratamiento de los grumos y de orgánico. La pérdida de diluyente se produce como resultado del arrastre del orgánico y de la evaporación.

El proyecto considera una recuperación de orgánico en todos los flujos acuosos, como son de las colas y del electrolito rico en sus diferentes pasos.

- Recuperación de Orgánico de Colas: El arrastre del orgánico en el flujo de colas se recupera en un asentador diseñado para el total de colas proveniente de E-2. El asentador permite flotar micro gotas de orgánico arrastradas. Orgánico recuperado será enviado al circuito de orgánico. Por el potencial de contaminación y degradación que existe, el orgánico recuperado debe ser tratado por los procesos de tratamiento de grumos y contacto con arcilla antes de ser reintegrado al circuito.
- Recuperación de Orgánico del Electrolito: El orgánico también se recupera desde el electrolito rico mediante el uso del asentador de electrolito. El asentador se





utiliza para separar las micro gotas de orgánico hacia la parte superior de la copa del asentador, produciendo una espuma de orgánico. Esta espuma se recupera y se transfiere al asentador de etapa de despojo D-1.

No se debe permitir que el orgánico ingrese al circuito de electrodeposición puesto que ello tiene un efecto adverso sobre la calidad de los cátodos de cobre.

### 1.4.9 Adición de Reactivos en Extracción por Solventes.

Se requieren ciertos reactivos en el sistema de Extracción por Solventes. Estos son:

- Adición de Extractante: El extractante debe agregarse al orgánico para compensar la pérdida normal de reactivo en la operación, para mantener el porcentaje especificado de extractante. El porcentaje de extractante diluido en el queroseno está determinado por una técnica de química analítica. El extractante se agrega en la canaleta de orgánico del mezclador asentador E-2.
- Adición de Diluyente: El diluyente es un queroseno de alto punto de inflamación para Extracción por Solventes. El diluyente se agrega directamente al orgánico cargado. Este flujo puede agregarse en forma continua, si es necesario, o en lotes una vez que se haya establecido confiablemente el consumo promedio general de la planta. El diluyente se agrega en la canaleta de orgánico del mezclador asentador E-2.

La tasa de adición de diluyente y de extractante están altamente relacionados puesto que sus respectivos volúmenes determinan el porcentaje de volumen del extractante, el que es extremadamente crítico para la recuperación de cobre en un sistema de Extracción por Solventes. Es necesario establecer cuidadosamente la existencia de estos reactivos en todo momento, pues ésta es la medida más exacta de la pérdida de solvente, que puede representar uno de los más altos costos de operación.

- Adición de Ácido Sulfúrico a Extracción por Solventes: Se requiere una adición continua de ácido sulfúrico al flujo de electrolito pobre. El ácido fresco se necesita para compensar el ácido perdido en los sistemas de Extracción por Solventes y de Electrodeposición. Las pérdidas de ácido sulfúrico ocurren en el sistema de electrolito en dos áreas principales:

Purga del electrolito y Arrastre de electrolito en orgánico desde D-1 a E-2.

Se requiere un descarte de electrolito pobre aguas abajo del cambiador de calor



de electrolito/electrolito para evitar la acumulación de contaminantes. Este descarte es mezclado con las colas, para utilizarlo en el curado del mineral, o es llevado a la etapa E-2. Por ello, debe suministrarse ácido fresco al flujo de electrolito para compensar el ácido perdido.

En la Planta Mina Calcosita, el ácido fresco agregado al flujo de electrolito ingresa a un mezclador estático en la línea del electrolito hacia la etapa de despojo (D-1). El ácido fresco (ácido sulfúrico al 97%) se agrega en el mezclador estático, el cual también disipa el calor generado por la disolución del ácido en el electrolito pobre.

La otra fuente importante de pérdida de ácido en el circuito de electrolito es por la pérdida de electrolito en el arrastre de acuoso desde D-1 a E-2. El arrastre de acuoso desde D-1 contiene también una alta concentración de ácido sulfúrico (alrededor de 200 g/l), que es aproximadamente la misma concentración del electrolito rico. Esta solución acuosa es transportada directamente fuera del circuito de electrolito por el orgánico descargado que fluye desde la etapa D-1 a la etapa E-2.

- Adición de Agua: La adición de agua al circuito de electrolito también es requerida. Las pérdidas de agua en el circuito de electrolito son resultado de las siguientes situaciones:
  - ✓ Agua contenida en la purga de electrolito pobre;
  - ✓ Agua contenida en el arrastre de acuoso mediante el orgánico desde D-1 a E-2.
  - ✓ Agua perdida por evaporación en la casa de celdas.
  - ✓ Agua perdida por hidrólisis como consecuencia de la reacción química para la reducción de iones de cobre a cobre metálico.

El agua de reposición puede ingresar al circuito de electrolito proveniente de varias fuentes. Estas fuentes son las siguientes:

- ✓ Agua agregada con los reactivos para electrolito, incluyendo sulfato de cobalto y guar.
- ✓ Agua de reposición alimentada a la llegada del mezclador de la etapa D-1 del electrolito pobre,
- ✓ Agua agregada al electrolito mediante el lavado de los contactos de los cátodos y ánodos y los apoyos de los electrodos de las celdas de la nave de Electrodeposición, así como del lavado de los mismos cátodos.

El agua que ingresa al circuito de electrolito es agua de proceso (agua tratada) proveniente de la red de distribución de la planta. El contaminante más crítico en el agua de reposición es el cloro, y su contenido debe ser inferior o igual a 5 mg/l.



Para ver prevención y riesgos de los reactivos utilizados. Ver anexo A.1

### 1.4.10 Parámetros de Operación.

- Tasa de flujo: El agitador primario está diseñado para bombear un exceso apropiado por sobre los valores de diseño para asegurar una operación estable a baja velocidad tangencial máxima (4,6 m/segundo).

Ello otorga también, gran flexibilidad para mantener cualquier circulación interna requerida, sea de solución de orgánico o de acuoso.

- Transferencia de Masa: La intensidad de mezcla ( $0.17 \text{ kw/m}^3$ ) en los mezcladores primarios se afina de acuerdo con la garantía de rendimiento dado. El rendimiento es muy sensible a la velocidad de rotación de los agitadores. Un pequeño cambio en las r.p.m. afecta enormemente la transferencia de masa y se modifican los movimientos y el tamaño de la gota de la dispersión. Una transferencia de masa eficiente es consecuencia de amplias áreas de "estelas" producidas por el agitador, como también de gotas oscilantes en el flujo de circulación vertical de los mezcladores.
- Arrastres: El bajo grado de arrastre de orgánico en las colas y en el electrolito, y también del acuoso arrastrado en el orgánico cargado es una consecuencia de varios factores inter-relacionados. Para obtener arrastres muy bajos (50 ppm) es necesario que:
  - ✓ Los sólidos en la solución SLE sean menores de 20 ppn.
  - ✓ No se excedan los flujos de diseño, aunque no se espera que los arrastres aumenten esencialmente cuando suban levemente por sobre los valores de diseño. La razón O/A sea cercana a 1.0.
  - ✓ La velocidad de flujo en la tubería de recirculación interna esté bajo control.
  - ✓ Se elija la continuidad de fase adecuada.

Las revoluciones de los agitadores primarios, secundarios y terciarios estén bajo control.

## 1.5 OPERACIÓN DEL ÁREA DE TANQUES.

### 1.5.1 Generalidades.

El área de tanques es el sector ubicado entre la sección de Extracción por Solventes y la



casa de celdas. Existe una cantidad importante de operaciones unitarias que tienen lugar en este sector. Estas operaciones unitarias son:

- Operación del asentador de acuoso en orgánico cargado.
- Operación del asentador para limpieza de electrolito rico.
- Tanques de electrolito rico.
- Planta de tratamiento de grumos y orgánico con arcilla.

### **1.5.2 Operación de los asentadores de acuoso en orgánico cargado.**

El contenido de hierro de la solución SLE obliga al uso de un asentador para controlar el hierro en el electrolito en la casa de celdas. La velocidad relativamente baja del orgánico que pasa a través del asentador permite un alto grado de remoción, del arrastre de acuoso. El acuoso recuperado decanta hacia el fondo del equipo, desde donde se transfiere por bombeo al asentador E-1. El orgánico con menores arrastres de acuoso abandona el asentador y es impulsado hacia la fase de despojo D-1.

El asentador ha sido diseñado para un contenido de acuoso en orgánico a la entrada de 500 ppm, con un 75% de eficiencia de separación mínimo. Con un caudal de orgánico de 952 m<sup>3</sup>/h y un tiempo de residencia suficiente para la retención de acuoso

**Nota:** Se debe hacer notar que el orgánico cargado no puede tener una ruta alternativa al asentador evitando el paso a través de él. Debe forzosamente pasar por el asentador si se quiere evitar problemas muy serios en la casa de celdas debido a los contaminantes que pudiera arrastrar

### **1.5.3 Operación del post asentador para limpieza de electrolito.**

Para la limpieza del electrolito, proveniente del área de Extracción por Solventes, se cuenta con un post asentador, el cual cumple la función de eliminar las trazas de orgánico arrastradas en el electrolito, mediante un sistema de aireación con agitadores tipo turbina, puestos en el ingreso de electrolito al equipo. El orgánico es arrastrado por el aire flotando, de esta manera el orgánico que se encuentra en la superficie del asentador es conducido a una canaleta, desde donde es extraído.

### **1.5.4 Filtro de electrolito.**

El sistema de filtrado consiste de un filtro totalmente automatizado. Las conexiones para acoplamiento en el terreno están ubicadas sobre los bordes de la plataforma. La plataforma necesita aire comprimido limpio, seco a 100 psi. En cada deslizador se proporciona una estación indicadora y reguladora de presión de aire.



El filtro es del tipo de tres medios (arena, granate y antracita). La parte inferior del lecho del filtro es granate. La parte superior es antracita de peso específico más bajo. Dentro de cada filtro hay tres sistemas de distribución, colección, entrada/reflujo de servicio. Están todos diseñados para distribuir adecuadamente el líquido o el aire a través del lecho.

El sistema tendrá capacidad de reducir el disolvente orgánico del electrolito desde 40 ppm a menos de 2 ppm. Además quitará el 85 % de los sólidos en suspensión y materias floculadas de 10 micrones y más grandes. El sistema tendrá capacidad de procesar 220 m<sup>3</sup>/h nominales de la solución electrolítica rica que se estima contendrá 150-160 g de ácido por litro de solución y entre 45 y 50 g de cobre por litro de solución. Durante el ciclo de servicio, el caudal por el área de tanque no excederá 17 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> nominales con dos unidades en servicio y una unidad de retrolavado. El caudal normal será 11.34 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>

### 1.5.5 Cambiador de calor electrolito.

Un elemento crítico en la operación correcta de la casa de celdas es la temperatura del electrolito rico antes de ingresar a las celdas de producción. El circuito considera tres medios para calentar el electrolito rico:

1. Recuperación de calor del electrolito pobre mediante un cambiador de calor.
2. Calentamiento del electrolito rico con agua caliente.
3. Calentamiento con agua caliente a la circulación del electrolito hacia las celdas productivas.

El electrolito pobre de la nave de Electrodeposición que retorna al circuito de Extracción por Solventes normalmente tiene una temperatura de 40 - 50 °C, Una parte del calor del electrolito pobre se usa para calentar el electrolito rico pasando ambas soluciones a través de un cambiador de calor de placas, recuperando así parte del calor generado en las operaciones de Electrodeposición.

Además del cambiador de calor del electrolito pobre, se incluyen dos cambiadores de calor de agua caliente. En estos cambiadores se usa agua caliente para calentar el electrolito circulante proveniente del tanque de recirculación que pasa a la alimentación de las celdas de producción, así como también, el electrolito rico filtrado, proveniente del área de Extracción por Solventes, que ya ha pasado por el cambiador de calor entre electrolitos. Estos cambiadores de agua caliente proporcionan una fuente adicional de calor, permitiendo ajustar la temperatura en un rango lo más constante posible.

Bajo condiciones normales de operación, el electrolito de alimentación a celdas de producción debe estar a una temperatura de 45 °C cuando sale del cambiador de calor



de agua caliente. Esta temperatura de salida asegura que el electrolito de la nave de Electrodeposición opere en un rango de 40 a 50 °C, que es la base de diseño del proyecto Planta Mina Calcosita.

### **1.5.6 Planta de Tratamiento de Grumos y de Orgánico.**

Los grumos producidos durante la operación de la planta en Extracción por Solventes y el área de tanques, son recolectados y almacenados en el tanque de recepción de grumos, desde aquí se traspasa al tanque de tratamiento y luego al tanque de tratamiento de orgánico.

La ruptura mecánica se provoca por agitación en el sistema de tratamiento de grumos por un período de tiempo que debe establecer el metalurgista.

La operación de la planta es intermitente y sólo se efectúa cuando a juicio del metalurgista es necesario tratar volúmenes variables, con el objeto de recuperar el orgánico contenido en los grumos.

En el tanque de tratamiento de orgánico se lleva a cabo la sedimentación. El acuoso se drena desde el fondo del tanque hacia el post asentador de colas.

Una vez que se ha recuperado una cantidad suficiente de grumos en el tanque de tratamiento de grumos, estos se envían a las camas de lixiviación abandonadas.

Se analiza el tiempo de separación del orgánico transferido sacando una muestra del tanque de orgánico recuperado, si se considera limpio, retorna al circuito en caso contrario continua la secuencia de "limpieza de orgánico" en el tanque de tratamiento de grumos.

## **1.6 ELECTRODEPOSITACIÓN.**

### **1.6.1 Principios Teóricos.**

La etapa final de purificación y recuperación del cobre en el proyecto Planta Minera Calcosita consiste en la Electrodeposición. Esta operación unitaria electroquímica utiliza ánodos insolubles de plomo-calcio-estaño, y cátodos permanentes de acero inoxidable. El electrolito rico que viene del circuito de extracción por solventes alimenta al circuito de Electrodeposición.

Mediante la aplicación de una corriente continua a través del par ánodo- cátodo, inmerso en la solución de electrolito de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, se produce la siguiente



reacción de transferencia de masa:



El cobre se deposita en su forma elemental sobre la superficie del cátodo. En la reacción química se consume agua, se regenera ácido sulfúrico en el electrolito y finas burbujas de oxígeno son liberadas en el ánodo. Las burbujas de oxígeno revientan en la superficie del electrolito, generando una nociva neblina ácida en la casa de celdas.

La electroquímica del cobre se ha conocido por muchos años. Michael Faraday descubrió que el peso de una sustancia depositada en el electrodo de una celda electrolítica es directamente proporcional a la cantidad de carga eléctrica que fluye a través de la celda. En consecuencia, a la carga eléctrica necesaria para depositar un peso equivalente a 1 gramo de una sustancia se le conoce como 1 Faraday, que corresponde a 96,500 Coulombs. Un coulomb se define como 1 Ampere x segundo. El peso equivalente-gramo de cobre depositado a partir de una solución de sulfato, es el peso molecular dividido por dos, porque el cobre en este caso es bivalente. Por lo tanto, el peso equivalente-gramo de cobre es  $63.546/2$ , o de 31.773 gramos por equivalente. Así, por cada Ampere-hora, se deposita  $31.773 \times (3,600/96,500) = 1.185$  de peso equivalente-gramo de cobre a una eficiencia de corriente de 100%.

Entonces, teóricamente, se producirían 1.185 kg de cobre por cada 1,0 Amper-hora con un 100% de eficiencia de corriente. Sin embargo, se espera que la eficiencia de corriente sea normalmente de 90 a 92% debido a una cantidad de fuentes de ineficiencia y de consumo de energía. La ocurrencia de cortes eléctricos directos puede ser un factor importante en la reducción de la eficiencia de corriente. Hay otros factores de proceso que tienen también un efecto negativo sobre la eficiencia final de corriente, tales como las concentraciones de cobre y de ácido, la temperatura del electrolito, las impurezas del electrolito, la resistencia eléctrica en las barras y los pares ánodo-cátodo.

La eficiencia de corriente puede mejorarse con la detección y eliminación de cortocircuitos, manteniendo las concentraciones correctas de cobre y de ácido y manteniendo una uniforme separación ánodo a cátodo. Existen otras reacciones secundarias provocadas por la contaminación del electrolito con otras especies acuosas de valencia múltiple. Estas especies son, normalmente, fierro y manganeso. Estas especies pueden ser oxidadas y reducidas repetidamente en la celda de Electrodeposición, produciendo un desperdicio de energía. Por ello, una consideración operativa importante es la de mantener estas especies en niveles adecuados.

La diferencia de potencial neta requerida en la celda para depositar el cobre y disociar el agua en iones de hidrógeno y oxígeno libre es aproximadamente 0.9 V. Un requerimiento



adicional de 0.6 V denominado "sobrevoltaje", es necesario para proporcionar la energía de activación para combinar el oxígeno libre de la superficie del ánodo y generar oxígeno gaseoso (O<sub>2</sub>). Finalmente, como en toda corriente eléctrica, existe una resistencia al flujo eléctrico a través de la solución del electrolito y del sistema de barras. La resistencia normal al flujo eléctrico en una celda de Electrodeposición varía entre 0.4 y 0.5 V. Por lo tanto, la diferencia de potencial requerida está entre 1.9-2.0 V. La energía eléctrica empleada sobre el nivel que teóricamente se requiere para producir cobre aparece como calor ingresado al electrolito de la casa de celdas.

Los factores arriba mencionados pueden usarse para predecir la tasa de producción de cobre. A modo de ejemplo se muestra el siguiente cálculo:

- Densidad de corriente: 261.57 A/m<sup>2</sup>
- Eficiencia de corriente: 90 %
- Área de deposición catódica: 2.04 m<sup>2</sup> (ambos lados)
- Cantidad de celdas de ED: 92
- Cantidad de cátodos por celda: 54
- Disponibilidad promedio: 95 %

Cobre depositado en los cátodos por día:

$$261.57 \times 0.90 \times 2.04 \times 92 \times 54 \times 0.95 \times 1.185 \times 24 / 1,000 = 64.460 \text{ kg/día}$$

### 1.6.2 Balance Térmico.

El balance térmico global en la Electrodeposición de cobre muestra un incremento neto en la temperatura del electrolito de la casa de celdas. La entrada de energía eléctrica (usualmente medida en kilowatts) hacia la reacción de Electrodeposición se convierte esencialmente en calor. Este calor calienta el flujo de electrolito de cobre. Existen también pérdidas de calor en el sistema de Electrodeposición. La reacción de deposición del cobre es endotérmica (absorbe calor). En esta reacción, se absorben 57.1 Kcal por cada gramo-mol de cobre depositado. Además existen pérdidas de calor por radiación y convección provenientes de las superficies de celdas, tuberías y tanques involucrados, y por el ingreso de aire fresco por ventilación. La evaporación de agua del electrolito también representa una pérdida de calor importante del sistema.

### 1.6.3 Operaciones de Electrodeposición.

La experiencia ha mostrado que las celdas electrolíticas requieren un alto caudal de circulación acuosa para generar un producto de cobre en cátodo de alta calidad. Este requisito de circulación es mucho más alto que el flujo de alimentación de electrolito que viene de Extracción por Solventes. Por ello, se requiere un tanque de circulación para la





nave de Electrodeposición para manejar los diferentes flujos. El tanque de circulación tiene dos compartimentos que se utilizan para controlar los flujos de electrolito rico y pobre hacia la nave de Electrodeposición y hacia el circuito de Extracción por Solventes. El tanque de circulación permite que un flujo adecuado de electrolito pobre proveniente de la nave de Electrodeposición retorne a la Extracción por Solventes, luego combina el electrolito rico con el balance del flujo de circulación para producir el flujo de avance de alimentación hacia la operación de Electrodeposición.

Se ha mencionado que la evolución de oxígeno en la superficie del ánodo genera en la parte superior de las celdas una neblina ácida altamente corrosiva y nociva. Para minimizar este problema, se colocan múltiples etapas de grageas de polietileno sobre la superficie de las celdas para estimular la coalescencia de las pequeñas gotas de electrolito. Además ayuda a bajar las pérdidas de calor, por radiación y evaporación, en la superficie.

El segundo problema asociado con la liberación de oxígeno es el desprendimiento de escamas de óxido de plomo que se depositan en el fondo de la celda, formando un depósito de plomo insoluble. La acumulación de este depósito impone la necesidad de un paro y limpieza total de la celda para minimizar la contaminación del producto de cobre final con plomo.

Cada celda de Electrodeposición está dotada de un múltiple de distribución de electrolito. El múltiple distribuye el electrolito de avance uniformemente entre cada par de ánodo y cátodo en la celda. Esto contribuye a un contenido consistente del cobre en todas las partes de la celda.

### **1.6.3.1 Configuración de la Casa de Celdas.**

La Casa de Celdas es de tipo convencional, comprende dos filas de celdas. Se tienen dos circuitos hidráulicos debido a la incorporación de las celdas de limpieza ("scavenger"). La casa de celdas incluye 13 celdas de limpieza en una de las filas, y 79 celdas de producción, divididos así:

- Fila A: 46 Celdas de producción
- Fila B: 13 Celdas de limpieza  
33 Celdas de producción

Totalizando 92 celdas en toda la casa de celdas. Cada fila contiene 46 celdas de tipo convencional. El edificio sólo contiene la división entre los bancos en la parte central a lo largo del edificio, y los pasillos laterales. La alimentación y el retorno de electrolito se hacen por paredes opuestas a las celdas y las tuberías principales respectivas están



instaladas por ambos costados.

La despegadora de cátodos está instalada a un lado de la casa de celdas. Una grúa puente, destinada en operación normal a sus respectivas celdas, El sistema de ventilación instalado en la casa es del tipo Desom, con flujo cruzado con ingreso por un costado y extracción por el otro.

### **1.6.3.2 Celdas Electrolíticas.**

La reacción de Electrodeposición se realiza en celdas electrolíticas altamente resistentes al ácido, construidas de concreto polimérico y que contienen múltiples pares de ánodos y cátodos. Existe un ánodo más respecto a los cátodos para depositar el cobre uniformemente por ambos lados del cátodo. Cada celda de electrodeposición contiene 54 cátodos y 55 ánodos, ambos de barras simétricas y espaciados a 102 mm entre sus respectivos ejes. Estas celdas están diseñadas para operar a un valor nominal de densidad de corriente de 200 Amp/m<sup>2</sup> de superficie del cátodo con un máximo de 300 A/m<sup>2</sup>. Durante la cosecha de los cátodos, un tercio (18 cátodos) se retiran de las celdas. Durante estos períodos relativamente breves, la densidad de la corriente se eleva sobre su valor nominal.

Cada celda de Electrodeposición está dotada de un tubo distribuidor de 2" de diámetro para alimentación de electrolito, el cual tiene agujeros de 5mm para garantizar una buena calidad de depósito, en forma uniforme entre cada par de ánodo y cátodo en la celda. Esto contribuye a uniformizar el contenido del cobre a lo largo de toda la celda. Cada tubo distribuidor está provisto de una válvula on/off.

### **1.6.3.3 Operación con Cátodo Permanente.**

- **Cátodos Permanentes:** El proyecto Planta Mina Calcosita utiliza cátodos permanentes de acero inoxidable para la deposición del cobre. El uso de un cátodo permanente y rígido presenta ventajas técnicas importantes sobre la antigua tecnología de hojas iniciadoras. Los cátodos permanentes permiten el uso de densidades de corriente mucho más altas (amperes por metro cuadrado de superficie del cátodo) que las hojas iniciadoras de cobre. Los procedimientos de cosecha del cátodo permanente requieren mucho menos trabajo y producen un cobre de mejor calidad con menor producción de material chatarra.
- **Cosecha de Cátodos:** El cobre se deposita sobre los cátodos permanentes en un ciclo nominal de siete días. Al final del ciclo de deposición, los cátodos se retiran de la celda, la grúa toma 18 cátodos de una celda, y los transporta a la máquina despegadora de cátodos. En la etapa de lavado, los depósitos de cobre son



## DESCRIPCIÓN DEL SITIO Y DEL PROCESO.

---

lavados diligentemente con agua caliente para remover algún remanente de electrolito u otros contaminantes que puedan estar adheridos a la superficie del cobre. Después de la etapa de lavado, los depósitos de cobre se remueven mecánicamente de los cátodos permanentes en la sección de deshojado. Los depósitos de cobre se apilan, pesan y flejan, y los cátodos permanentes se devuelven a las celdas de electrodeposición para un nuevo ciclo de deposición de cobre.

La operación de lavado, despegue y desforre del cátodo se realiza en una máquina automática con capacidad suficiente para procesar los cátodos. Con sistema de recepción, transporte, lavado, flejado, desforre y extracción de muestra de cátodos. Incluye sistema de corrugado, pesaje, etiquetado y flejado.

### 1.6.3.4 Ánodos.

Los ánodos están constituidos por una lámina de aleación de plomo, calcio y estaño. Su composición química es la siguiente:

- Estaño (Sn): 1.2-1.5 %
- Calcio (Ca): 0.05-0.08 %
- Aluminio (Al): 0.005-0.02 %
- Plomo (Pb): la diferencia

En contraposición a sistemas convencionales, las láminas se acoplan a un soporte simétrico de cobre. Las láminas de plomo se unen al soporte insertándose en un calado y mediante posterior soldadura para formar un enlace metalúrgico integral que permita una baja caída de potencial. El soporte tiene forma de cuerno de novillo, lo que permite cosechar los cátodos sin que haya interferencia entre los soportes de los ánodos.

La lámina del ánodo tiene 1,058mm de largo, 851mm de ancho y 6mm de espesor. La parte superior de la lámina del ánodo, que permanece sobre el nivel del electrolito, está terminada en un ángulo de 45 grados.

Montados en los ánodos van unos aisladores de PVC para reducir la posibilidad de cortocircuitos con el cátodo. En las esquinas inferiores de cada ánodo hay unos aisladores de tipo botón.

Los ánodos se denominan "permanentes" porque residen en las celdas por largos períodos de tiempo. Sin embargo, la vida esperada de un ánodo es de 4 - 5 años de servicio. La vida real que tenga un ánodo depende de varios factores:

- Condiciones corrosivas del electrolito.



- Frecuencia de ocurrencia de cortocircuitos.
- Frecuencia de cortes de energía.

### **1.6.3.5 Apoyo de Electrodo.**

El sistema de contacto de los electrodos sigue el modelo tipo dogbone. Este sistema requiere la utilización de los "capplnq boards". Requiere más cobre con su costo respectivo. La base de apoyo para electrodos de la celda facilita el flujo adecuado de corriente eléctrica, desde el ánodo hacia el cátodo, lo cual permite que se produzca la reacción de Electrodeposición. Los aisladores espaciadores están hechos de una fibra de vidrio estervinílica moldeada con las dimensiones necesarias para un espaciamiento adecuado de ánodos y cátodos.

### **1.6.3.6 Limpieza de Celdas.**

Un problema asociado con la liberación de oxígeno es el desprendimiento de escamas de óxido de plomo que se depositan en el fondo de la celda, formando un depósito de plomo insoluble. La acumulación de este depósito impone la necesidad de una limpieza total de la celda para minimizar la contaminación del producto de cobre final con plomo.

Para eliminar el lodo anódico, la celda debe ser retirada del servicio y drenarse completamente para efectuar la limpieza, para lo cual, la celda se cortocircuita instalando el marco corto-circuitador de la nave, los ánodos y los cátodos se lavan y luego se retiran de la celda. El electrolito de la celda se descarga utilizando una bomba de diafragma para sacar el electrólito de ella, por la tubería de rebose, el barro anódico puede ser retirado con la misma bomba y puesto sobre tambos. Un operador entra entonces a la celda y debe empujar el lodo anódico hacia un extremo de la celda, recogiendo éste y disponiéndolo en un recipiente de plástico. Este recipiente se envía a almacén de lodos anódicos en espera de ser eliminado. Al concluir el procedimiento de limpieza, se instalan nuevamente los ánodos y cátodos y se permite que el electrolito vuelva a llenar la celda limpia. Se retira el marco cortocircuitador y la celda vuelve a entrar en producción.

La frecuencia de limpieza puede variar de una operación a otra. Normalmente, la limpieza de una celda de la casa de celdas se realiza 2 a 3 veces por año. Usualmente el proceso de limpieza se realiza fuera de los turnos de cosecha, cuando la grúa puente no está ocupada en la cosecha de cátodos.

### **1.6.3.7 Control de Neblina Acida.**

El ambiente de la casa de celdas está contaminado con neblina ácida. Este ácido es el resultado de finas gotas de electrólito liberadas al aire por la evolución de oxígeno en el



ánodo. Las capas de grageas de polietileno ayudan a reducir la liberación directa de ácido al aire, pero no es suficiente para mantener un ambiente adecuado en la casa de celdas.

La casa de celdas de la Planta Mina Calcosita está equipada con un sistema de ventilación por flujo transversal. Este sistema introduce un flujo controlado de aire limpio que fluye cruzando por sobre las celdas de Electrodeposición desde un costado de la nave hacia el otro, arrastrando así la neblina ácida y evacuándola hacia el exterior. La casa de celdas tiene veinte abanicos que extraen el aire de la nave. En el costado de la casa de celdas opuesto a los abanicos existe un juego de persianas diseñadas para dirigir el flujo de aire que entra a través de la parte superior de las celdas. Los abanicos cuentan con un sistema que permite adecuar diversas condiciones de operación de la planta y condiciones externas del clima. El ajuste que se dé a la velocidad del abanico se basa en la medición del nivel de neblina ácida que se determine dentro de la casa de celdas. La medición del nivel de ácido puede hacerse por un método continuo o bien por promedios ponderados por el tiempo.

### **1.6.3.8 Grúa Puente.**

Equipo Principal.

El manejo de los electrodos se realiza a partir de una grúa destinada a la casa de celdas. La grúa posee un carro porta marco de doble gancho y control eléctrico de comando de control remoto y manual, con capacidad de levante de unas 8 toneladas. Las grúas operan según un programa establecido de cosecha de celdas por sección. La grúa puede desplazarse a lo largo de la casa de celdas, encargándose de la mayor parte de las necesidades de manipulación de materiales de la nave, pudiendo incluso levantar una celda de Electrodeposición (6,500 a 7,000 kg).

### **1.6.3.9 Adición de Reactivos.**

Hay aditivos, reactivos especiales que son necesarios en el proceso de Electrodeposición para producir cobre de alta calidad. Los dos reactivos fundamentales son guar y sulfato de cobalto. Ambos reactivos se agregan al flujo de electrolito proveniente de las celdas de limpieza de la nave de Electrodeposición. El guar se agrega para producir un depósito de cobre parejo y consistente en forma continua y el cobalto se agrega al electrolito para prevenir una corrosión excesiva de los ánodos. Para ver prevención y riesgos de los reactivos utilizados. Ver anexo A.1

- Adición de Guar: El guar es un material orgánico que ayuda a producir un depósito de cobre fino y denso en la superficie del cátodo. Este reactivo debe suministrarse



en forma continua en lotes por turno.

El guar es descargado al tanque de preparación en estado seco se disuelve con agua caliente y agitación continua alcanzando una concentración al 2%. El guar en contacto con el agua puede ser muy viscoso y complicado en su manejo, por lo que se debe mantener en movimiento para evitar aglomeración antes de su adición a la línea de retorno de electrolito de las celdas de limpieza.

El guar pierde su efecto de producir viscosidad al electrolito en un tiempo aproximado de 10 hrs., por lo que se requiere adicionarlo por lotes (1 por turno) y de acuerdo a la cantidad de cobre a producir.

- Adición de Cobalto: El sulfato de cobalto llega en solución al 8 %. Esta solución de cobalto se agrega en forma continua al tanque de circulación para mantener una concentración de cobalto de 80 - 120mg/l en el electrolito.

La adición continua de cobalto se debe a la pérdida de electrolito en la purga y por el arrastre de electrolito desde la sección de despojo hacia la sección de extracción.

Por el alto costo del cobalto, las pérdidas de electrolito deben minimizarse tanto como sea posible.

### **1.6.3.10 Rechazo, Muestreo y Análisis de Cátodos.**

Los cátodos que por su apariencia, a criterio del operador de la Máquina Despegadora, no cumplen el estándar de calidad, serán rechazados en la estación de transferencia. La estación por medio de brazos, levanta los cátodos del transportador transversal y los desvía hacia el transportador de rechazo, donde son acumulados en espera de su remoción por medio de la grúa del cobertizo de la máquina.

Cuando en la estación de inspección se observa que un cátodo está dañado, se rechaza, según se explicó anteriormente y se traslada al taller mecánico para su reparación. La incorporación de cátodos reparados se efectúa por medio del transportador de rechazos y la transferencia, los cuales son reversibles.

Para el muestreo de cátodos, la selección de estos se efectúa manualmente por el operador de la máquina, siguiendo un programa o bien aleatoriamente. La superficie del cátodo del que se tomarán muestras es dividida en 100 áreas, de las cuales se seleccionan automática y aleatoriamente, por medio del PLC de la máquina o bien son seleccionados manualmente por el operador. De cada área se toman 4 muestras.



Las muestras serán manejadas y enviadas al laboratorio para su análisis siguiendo los procedimientos de Mina Calcosita.

### **1.7 MANEJO DE REACTIVOS.**

#### **1.7.1 General.**

La planta cuenta con diversos reactivos para su correcta operación. Entre los que se encuentran almacenamiento de ácido sulfúrico, distribución de reactivos y el sistema de protección contra incendio.

Para ver prevención y riesgos de los reactivos utilizados. Ver anexo A.1

#### **1.7.2 Sistema de Almacenamiento de Ácido Sulfúrico.**

Existen dos tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico existente en Mina Calcosita Ambos tanques son alimentados por medio de camiones. El tanque principal con 13.7m de diámetro, 5,5m de alto y 767m<sup>3</sup> de capacidad distribuye ácido por gravedad hacia la pileta de colas y al mezclador estático en ES. El segundo tanque de 4m de diámetro, 5m de altura y una capacidad de 59m<sup>3</sup> distribuye ácido sulfúrico al proceso de curado a través de las bombas dosificadoras.

#### **1.7.3 Distribución de Reactivos.**

El guar es preparado en el tanque de preparación de guar con una capacidad de 1.2m<sup>3</sup> utilizando el agitador. En este agitador el guar es mezclado con agua y desde ahí enviado a la línea de electrolito proveniente de las celdas de limpieza y fila D. Previo ingreso al tanque de recirculación de electrolito.

El sulfato de cobalto es almacenado desde camiones en el tanque de almacenamiento de sulfato de cobalto con capacidad de 17.8m<sup>3</sup>. El sulfato de cobalto es adicionado en forma independiente en la línea de electrolito proveniente de las celdas de limpieza y fila D. Previo ingreso al tanque de recirculación de electrolito.



# Sistema Contraincendio Uso y Descripción





## **2. SISTEMAS CONTRA INCENDIO USO Y DESCRIPCIÓN.**

### **2.1. GENERALIDADES.**

En el presente capítulo se describen los criterios de diseño para el sistema de protección contra incendio en la mina Calcosita.

La mina Calcosita deberá estar regida por las normas y especificaciones vigentes emitidas por dependencias gubernamentales, y otros organismos internacionales de reconocido prestigio, cumpliendo además con las normas de seguridad e higiene industrial y protección al medio ambiente.

Todos los equipos de contraincendio especificados, estarán listados y aprobados por un organismo reconocido internacionalmente tal como “UNDERWRITERS LABORATORIES” (UL) o FACTORY MUTUAL (FM).

### **2.2. OBJETIVO.**

Implementar una red de agua contraincendio en las siguientes áreas nuevas: piletas de solución, planta de extracción por solventes, Almacenamiento y preparación de reactivos y servicios auxiliares con el fin de prevenir, controlar y/o minimizar la ocurrencia de eventos indeseables y de emisión de gas, que pudieran desarrollarse, salvaguardando la seguridad del personal e instalaciones, así como proveer de equipo de protección personal adecuados al tipo de instalación.

El sistema de contraincendio de esta planta tienen como propósito principal, minimizar o reducir los efectos y/o daños al personal y a las instalaciones asociados a los peligros que pueden presentarse en esta planta, provenientes de alguna fuga, derrame y/o pérdida de material.

El sistema contraincendio en la mina Calcosita, deberán incluir bombas contraincendio, monitores, gabinetes con manguera, hidrantes, válvulas de diluvio, aspersores, sistemas de espuma (tanque bladder), conforme a lo indicado en la normatividad nacional e internacional aplicable vigente.

### **2.3. ALCANCE.**

En este capítulo se establecen los requerimientos técnicos mínimos para la realización de la ingeniería básica y de detalle de la mina Calcosita. En específico para el sistema de protección contra incendio aplicable a este tipo de minas.



Las áreas consideradas en este alcance son:

- 05 Camas de Lixiviación y Piletas de Solución (Rica, Intermedia y Pobre).
- 06 Planta de Extracción por Solventes (SX).
- 07 Almacenamiento y preparación de reactivos.
- 08 Electrodeposición (EW).
- 09 Servicios Auxiliares.

### 2.4. CONDICIONES AMBIENTALES DE OPERACIÓN.

Los dispositivos y equipos de contraincendio descritos en este documento se especificarán para soportar ambiente industrial abrasivo corrosivo para evitar que presenten daño o mal funcionamiento durante su operación y uso.

Las condiciones del lugar son:

Ubicación planta:	Municipio Mazapil, Salaverna Zacatecas.
Temperatura:	-6°C a 35° C.
Humedad Relativa promedio:	32.2 %,
Lluvia promedio x año:	402.8 mm
Viento Dominante:	suroeste
Zona Sísmica:	Zona A

### 2.5. DESARROLLO.

El objetivo del sistema contraincendio en la Mina Calcosita ubicada en Salaverna, Municipio Mazapil Zacatecas, es proporcionar la protección adecuada al personal operativo de la mina y prevenir daños a los equipos, al medio ambiente y a las áreas circunvecinas, para lo cual se incluyen los siguientes sistemas:

- Sistema de Contraincendio.
  - Equipo de Agua Contraincendio.
  - Equipo de Agua – Espuma AFFF.

### 2.6. SISTEMA DE CONTRA INCENDIO.

El sistema de contraincendio a su vez está formado por dos subsistemas que son:

- Equipo de Agua contraincendio fijo.
- Equipo de Agua – Espuma AFFF.



### 2.6.1. Equipo de agua contraincendio.

El propósito del sistema de agua contra incendio es suministrar los medios para combatir cualquier escenario de incendio en la Mina Calcosita, en el área de proceso y almacenamiento de reactivos que es donde se manejan, procesan y almacenan líquidos inflamables clase I y clase II se proveerán sistemas fijos contraincendio, para lo cual se revisará, analizará y diseñará un arreglo cerrado de tuberías en el perímetro de la mina, donde se instalarán sistemas de aspersion, monitores, hidrantes y gabinetes con manguera de acuerdo a la NFPA, considerando lo siguiente:

- La red principal de agua contraincendio no deberá ser instalada debajo de tanques de proceso, estructuras, o construcciones permanentes.
- Uso de tubería de acero ASTM A-53 Gr. B galvanizada por inmersión en caliente.
- 12ft/seg velocidad máxima en el anillo principal.
- En áreas de proceso el distanciamiento entre hidrantes no debe ser mayor a 30 o 40mts, en tanto que para áreas de almacenamiento la distancia entre ellos no debe exceder de 50mts.
- Se deberá considerar el gasto de 125GPM a una presión de 100psi (7kg/cm<sup>2</sup>) por cada boquilla.
- Por criterio de diseño, se deberá considerar el gasto simultáneo de dos hidrantes, es decir 250GPM, para el diseño del riesgo mayor del sistema de agua contra incendio.
- Los gabinetes con manguera se instalaran en los edificios, cada uno con una manguera de 30m. de longitud.

#### 2.6.1.1. Bombas contra incendio.

Para el sistema contra incendio se deben suministrar tres equipos de bombeo consistente de bombas centrífugas horizontales uno principal que suministrara la demanda máxima de agua contraincendio y uno de relevo, así como un equipo de bombeo presurizador (jockey), dimensionadas y fabricadas de acuerdo con los estándares internacionales UL-448 y NFPA-20-última edición. El equipo de bombeo principal debe ser accionado por un motor eléctrico y el equipo de relevo por un motor de combustión interna.

El conjunto de bomba, motor, controlador y accesorios deberán estar montados en una base común construida con preparaciones para anclaje y nivelación.

#### a) Bomba Centrífuga.

La bomba será del tipo centrífuga horizontal de carcasa bipartida, de acuerdo a NFPA-20 y UL-448, con capacidad y una presión de descarga en el punto más desfavorable de la red hidráulica a definir en la etapa de la ingeniería de detalle. La bomba debe cumplir con la curva característica que marca el NFPA-20 (140% de la presión nominal a cero gastos y 150% de su capacidad nominal al 65% de la presión de descarga nominal). La velocidad máxima de operación para el equipo de bombeo será de 1800 RPM.



### **b) Motor Eléctrico.**

El motor eléctrico debe ser horizontal de tres fases, TCCV, tropicalizado, alimentación de corriente alterna 460 VCA, tres (3) fases / 60 hz, letra de diseño tipo B, aislamiento clase "F", factor de servicio 1.15, eficiencia premium, equipado con resistencias calefactoras y con ventilador de aluminio.

El motor eléctrico tendrá la potencia suficiente para accionar la bomba a través de sus límites de carga y capacidad con el impulsor proporcionado, el motor deberá ser aprobado para servicio contra incendio. El motor de la bomba contra incendio debe tener respaldo de un sistema de energía eléctrica de emergencia.

El arrancador debe ser a tensión reducida, de estado sólido con arranque suave, el medio de conexión debe ser termomagnético y protección por sobrecorriente o rotor bloqueado.

### **c) Motor de Combustión Interna a Diesel.**

El motor de combustión interna a diesel debe ser listado y aprobado para servicio de contra incendio.

El motor de combustión interna que acciona la bomba debe tener un sistema de arranque eléctrico, además de contar con control de velocidad. El acoplamiento entre la bomba, el reductor y el motor diesel será por medio de cople tipo cardán y guarda cople. La potencia del motor deberá ser un 10% mayor que la máxima potencia requerida por el sistema de bombeo bajo cualquier condición de carga. El motor diesel debe ser enfriado por agua y adecuado para instalarse en áreas eléctricas no clasificadas. La bomba deberá ser construida tomando como referencia los materiales establecidos en el estándar UL-448 última edición.

El arranque del motor diesel será eléctrico por lo que se suministrarán todos los accesorios (conforme a NFPA 20) instrumentos, tablero de control, doble banco de baterías con cargador/rectificador para ocho (8) intentos de arranque.

El tanque de día de diesel tendrá una capacidad para 8 horas continuas de operación más un 20% de reserva.

### **d) Bomba Jockey.**

La presión del sistema de agua contra incendio deberá ser mantenida por medio de 1 (una) bomba jockey tipo centrífuga y accionada por motor eléctrico que descargara su flujo a la línea contra incendio principal.

Estos equipos forman parte de un solo paquete. Las bombas estarán monitoreadas a través de tableros de control local y el arranque y paro podrá ser automática o de manera manual local y/o remota.



### **2.6.1.2. Tanque de almacenamiento de agua contraincendio.**

El almacenamiento de agua contra incendio debe determinarse en función del requerimiento total de agua que demanda la protección de la instalación que represente el cálculo de riesgo mayor y el uso simultáneo de 2 apoyos contra incendio (250 GPM) de la mina y del tiempo de aplicación del agua. Esta capacidad de almacenamiento debe ser suficiente para combatir ininterrumpidamente el incendio, durante un mínimo de 2 (dos) horas.

### **2.6.1.3. Red de tuberías para suministro de agua contraincendio.**

Se utilizará un circuito de tubería de agua contra incendio cerrado localizado alrededor del perímetro de la mina, al que se interconectará el ramal de tubería necesario para alimentar los hidrantes y gabinetes de manguera. La red contra incendio debe instalarse enterrada, por lo que deberá protegerse con cinta anticorrosiva y felpa que la protejan del medio ambiente, como puede ser el congelamiento. Cuando la tubería cruce por debajo de calles de tránsito pesado se deberá instalar a una profundidad mínima de 1300mm medidos desde el nivel de piso terminado al lomo de la tubería, debiéndose proteger además con una camisa de tubería que permita una holgura mínima de 4". Para fines de mantenimiento o ampliación la red contra incendio, debe contar con válvulas de seccionamiento, las cuales estarán instaladas en registros, los cuales deben ser fácilmente accesibles; su construcción debe evitar el paso de agua al interior.

### **2.6.1.4. Material para tuberías y conexiones de agua contraincendio.**

El material de las tuberías de distribución de agua contra incendio (sistema húmedo) será de Acero al Carbón ASTM A-53 GRADO B tipo "S" galvanizada, sin costura, cédula 80 para tuberías menores de 2.5" y cédula 40 para tuberías mayores de 3".

### **2.6.1.5. Hidrantes.**

Para permitir tomar agua del sistema de distribución de agua contraincendio, se instalarán Hidrantes permanentes.

Los Hidrantes de agua contraincendio estarán ubicados a lo largo del borde de la carretera de las áreas de la mina en posiciones estratégicas, teniendo en cuenta los siguientes parámetros y espaciamientos máximos:

- Los racks de tuberías de proceso y drenajes no deben de interferir con los accesos convenidos para los hidrantes.
- Los hidrantes serán ubicados en las zonas de riesgo a proteger y a una distancia no menor a 15m. de la estructura a ser protegida.
- 30m alrededor de las áreas de procesos.
- 30m alrededor de las áreas de servicios y almacenamiento.



Se debe instalar un poste donde los hidrantes puedan ser vulnerables a daños mecánicos por impacto, por ejemplo, en carreteras, vías de acceso o áreas de tráfico vehicular.

Cada hidrante tendrá las siguientes características:

- Cuerpo: 4 pulgadas, tipo húmedo.
- Material: Acero al carbón.
- Entrada bridada: 4 pulgadas, 150 lb. RF.
- Conexión a la red de Agua Contra incendio: 6 pulgadas.
- Tomas para Manguera: dos conexiones de 2 ½ pulgadas separadas a 180 °. Cada toma deberá estar provista de una válvula de 2 ½ pulgadas, tipo macho no lubricada, operada con un cuarto de vuelta, construida en ASTM A-216 Gr. WCB, vástago de una sola pieza ASTM A-351 Gr. CF8M, camisa anclada al cuerpo de la válvula y sellos secundarios de politetrafluoroetileno (PTFE) protegidos con diafragma metálico. Las válvulas se suministrarán con extremos roscados hembra NPT clase 300#; dotada en un extremo de un conector doble macho, extremo libre con rosca NH (7½ hilos/pulgada), con tapa de bronce y cadena de sujeción de acero inoxidable.

### **2.6.1.6. Hidrantes con toma para camión.**

Se suministrarán Hidrantes con toma para camión, donde se requiere una gran cantidad de agua para alimentar a los camiones contra incendio.

Los hidrantes con toma para camión se ubicarán estratégicamente a lo largo del borde de la carretera de manera que la longitud requerida entre la toma de succión de 6 pulgadas de los hidrantes y el camión contra incendio no exceda de 4,5 m. Se deben instalar postes donde los hidrantes sean vulnerables a daños mecánicos por impacto, por ejemplo, en carreteras, vías de acceso o áreas de tráfico vehicular.

Cada hidrante con toma para camión tendrá las siguientes características:

- Cuerpo: 8 pulgadas, tipo húmedo.
- Material: acero al carbón.
- Entrada bridada: 8 pulgadas, 150 lb. RF.
- Conexión a la red de Agua Contra incendio: 8 pulgadas.
- Tomas para Manguera: dos conexiones de 2 ½ pulgadas separadas a 180 °. Cada toma deberá estar provista de una válvula de 2 ½ pulgadas, tipo macho no lubricada, operada con un cuarto de vuelta, construida en ASTM A-216 Gr. WCB, vástago de una sola pieza ASTM A-351 Gr. CF8M, camisa anclada al cuerpo de la válvula y sellos secundarios de politetrafluoroetileno (PTFE) protegidos con diafragma metálico. Las válvulas se suministrarán con extremos roscados hembra NPT clase 300#; dotada en un extremo de un conector doble macho, extremo libre con rosca NH (7½ hilos/pulgada), con tapa de bronce y cadena de sujeción de acero inoxidable.
- Toma para camión: Una conexión de 6 pulgadas que consiste en una válvula tipo bola, clase 150# ANSI construida ASTM A-216 Gr. WCB, extremos bridados. La válvula tendrá en un extremo un extremo libre con rosca NH (7½ hilos/pulgada), de



6 pulgadas de diámetro, con tapa de bronce y cadena de sujeción de acero al inoxidable.

### 2.6.1.7. Hidrantes con monitor.

Los Hidrantes con Monitor se utilizarán para proteger al equipo potencial de incendio, envuelto en llamas o radiación; y para propósitos generales de protección en las zonas riesgo de origen de incendio.

La localización y el espaciamiento de los hidrantes con monitor han sido establecidas de acuerdo con las siguientes disposiciones:

- Se localizarán hidrantes-monitor en donde se almacenen o procesen líquidos combustibles clase I y clase II.
- La ubicación de los hidrantes con monitor tendrá en cuenta la accesibilidad y la dirección de los vientos dominantes.
- Los hidrantes con monitor se instalarán de modo que cualquier equipo a ser protegido estará dentro de un rango de 40 metros de radio del monitor.

Se deben instalar postes donde los hidrantes con monitor sean vulnerables a daños mecánicos por impacto, por ejemplo, en carreteras, vías de acceso o áreas de tráfico vehicular.

Cada hidrante con monitor tendrá las siguientes características:

Hidrante:

- Cuerpo: 6 pulgadas, tipo húmedo.
- Material: acero al carbón.
- Entrada bridada: 6 pulgadas, 150 lb. RF.
- Conexión al monitor: 4 pulgadas, 150 lb. RF.
- Conexión a la red de Agua Contraincendio: 8 pulgadas.
- Flujo: 114m<sup>3</sup>/h (500 gpm).
- Tomas para Manguera: dos conexiones de 2 ½ pulgadas separadas a 180 °. Cada toma deberá estar provista de una válvula de 2 ½ pulgadas, tipo macho no lubricada, operada con un cuarto de vuelta, construida en ASTM A-216 Gr. WCB, vástago de una sola pieza ASTM A-351 Gr. CF8M, camisa anclada al cuerpo de la válvula y sellos secundarios de politetrafluoroetileno (PTFE) protegidos con diafragma metálico. Las válvulas se suministrarán con extremos roscados hembra NPT clase 300#; dotada en un extremo de un conector doble macho, extremo libre con rosca NH (7½ hilos/pulgada), con tapa de bronce y cadena de sujeción de acero inoxidable.

Monitor:

- Tipo de monitor: doble alimentación (tipo Corazón).
- Material: bronce.
- Entrada bridada: 4 pulgadas, 150 lb. RF.



- Rotación: 360° (continua) con volante y capaz fijar la dirección en cualquier condición de operación.
- Elevación: 150° (continua) con volante y capaz fijar la dirección en cualquier condición de operación.
- Boquilla del Monitor: Graduable de niebla a chorro, construido en material de bronce y con capacidad para 114 m<sup>3</sup>/h (500 gpm) a 7 kg/cm<sup>2</sup> man.
- Válvula de bloqueo al Monitor: tipo de bola de 4 pulgadas, extremos bridados de 4 pulgadas, 150 lb.

### **2.6.2. Equipo de agua – espuma AFFF.**

En la mina la protección al área de extracción por solventes será con un sistema fijo de aspersores para aplicación automática de espuma contra incendio (AFFF) integrado por:

- Válvula de diluvio tipo multiposición de 6" de diámetro nominal, operación eléctrica, cuerpo de Níquel-Aluminio-Bronce e interiores de acero inoxidable, extremos bridados 150# R. F.
- Un tanque tipo vejiga (bladder) para suministro y presurización de concentrado de espuma AFFF al 3%, con un gasto de 98 gpm, de acero al carbón con conexiones para llenado de concentrado, suministro de agua contra incendio. La cantidad total de concentrado de espuma AFFF será de 1960 gal, contenidos en el tanque.
- Un proporcionador de línea para concentrado de espuma AFFF al 3% para un gasto de 260 gpm, con línea de alimentación de concentrado de espuma de 2" de diámetro y con conexión para suministro de agua contra incendio mediante bridas de 4" de diámetro, fabricado de bronce con placa de orificio de latón.
- Boquillas de aspersion de 1" de diámetro NPTM, tipo fulljet con cono de descarga tipo lleno, con ángulo fijo de aspersion de 120°, con cuerpo de bronce.
- Válvulas de seccionamiento, instrumentación y accesorios.
- Concentrado de espuma contra incendio (AFFF).

El sistema de aspersores automáticos de espuma será suministrado como equipo paquete completo del tipo auto-contenido.

Los equipos, dispositivos, accesorios y partes que conforman el sistema de espuma mecánica deberán cumplir como mínimo con las siguientes características:

#### **2.6.2.1. Tanque tipo vejiga para concentrado de espuma AFFF**

El recipiente para el concentrado de espuma será horizontal, de acero inoxidable de acuerdo con ASTM, atmosférico y resistente a impactos. Debe contener preparación para venteo de presión-vació, con capacidad para contener 1960 galones de espuma tipo AFFF (Aqueous Film Forming Foam). Incluye 1960 galones de concentrado de espuma tipo AFFF y entrada para tubo de PVC de succión de concentrado de espuma.





### 2.6.2.2. Boquillas de aspersión.

Para los tanques asentadores, localizados en área exterior de extracción por solventes, las boquillas del sistema de aspersores para protección por exposición y enfriamiento en caso de incendio, serán del tipo cono lleno, con ángulo de aspersión amplio, con patrón de rociado circular y de impacto medio, adecuadas para exteriores.

- a) El arreglo de boquillas de aspersión será de acuerdo al DTI correspondiente.
- b) Por mantenimiento y confiabilidad en la operación de los sistemas de aspersores con agua / espuma, para evitar posibles taponamientos se seleccionan boquillas de 1" NPT con diámetro de orificio de 0.516", las cuales permiten el paso libre de partículas de hasta 0.219" de diámetro.
- c) Las boquillas para protección de recipientes y equipos, serán del tipo cono lleno con ángulo de aspersión de 120°, Marca Elkhart, Modelo NTL-C (o similar) de 1" de diámetro, para proporcionar un flujo mínimo de 40 GPM @ 100 psig.
- d) El porcentaje mínimo de traslape considerado entre las áreas cubiertas por la descarga de las boquillas aspersoras es de 15%.
- e) La densidad de aplicación está definida por la norma internacional de referencia FM-Global 4-12 "Foam-Water Sprinkler Systems" la cual indica que para sistemas automáticos de agua-espuma se debe utilizar como mínimo una densidad de 0.2 gpm/ft<sup>2</sup> (8mm/min)

### 2.6.2.3. Monitor para espuma.

Para los tanques de las áreas de recuperación de orgánico, calentamiento de electrolito rico, tanques asentadores y reactivos localizados en el exterior, el equipo a utilizar para protección por exposición y enfriamiento en caso de incendio, será a base de monitores para espuma.

Características del monitor para espuma:

- Debe ser del tipo corazón, de base bridada de 101.6mm. (4"Ø), construido de acero, con mecanismo de giro horizontal de 360° de bronce y acero, y giro vertical de 120°, con sistema de ajuste vertical por cremallera y volante con manivela controlado por una combinación de cremallera y volante, así como posición fija en la dirección deseada.
- La unidad debe ser fácilmente operable por un solo hombre.
- Debe de contar con protección contra la corrosión por dos capas de recubrimiento de protección primario y dos capas de pintura protectora color rojo bermellón.
- La brida del monitor debe ser tipo ff 150#.
- Certificado UL y/o FM para servicio de espuma contraincendio.



#### 2.6.2.4. Boquilla para monitor de espuma.

Características del monitor de espuma contra incendio:

- La boquilla de descarga será conectada con entrada hembra giratoria de 63.5mm. (2 1/2"Ø), rosca NSHT, con salida regulable, diseñada para flujo constante de 1,892.5 lpm (500 gpm) a 7.1 kg/cm<sup>2</sup> (100 psig), de bronce libre de porosidad o defectos, así como tener un alcance de chorro 52.73m. (173ft.), alcance con cono de difusión a 30° de 29.6m. (97ft.) y alcance con cono de difusión a 90° de 18.3m. (60ft.).
- Debe contar con un capuchón de hule o material similar en la punta para protección contra golpes, y un maneral que accione fácilmente un mecanismo con el que se pueda regular el flujo de la mezcla (agua-concentrado de espuma), con marcas que indiquen la posición de la boquilla.
- Certificada UL y/o FM para servicio de espuma contra incendio.

#### 2.6.2.5. Hidrantes para espuma.

Para las celdas de electrodeposición en el interior del edificio, el equipo a utilizar para protección por exposición y enfriamiento en caso de incendio, será a base de hidrantes para espuma.

Los Hidrantes de agua / espuma estarán ubicados al centro de cada tren de celdas por lo que serán dos para el área de electrodeposición:

Cada hidrante tendrá las siguientes características:

- Cuerpo: 4 pulgadas, tipo húmedo.
- Material: Acero al carbón.
- Entrada bridada: 4 pulgadas, 150 lb. RF.
- Conexión a la red de Agua Contra incendio: 6 pulgadas.
- Tomas para Manguera: dos conexiones de 2 1/2 pulgadas separadas a 180°. Cada toma deberá estar provista de una válvula de 2 1/2 pulgadas, tipo macho no lubricada, operada con un cuarto de vuelta, construida en ASTM A-216 Gr. WCB, vástago de una sola pieza ASTM A-351 Gr. CF8M, camisa anclada al cuerpo de la válvula y sellos secundarios de politetrafluoroetileno (PTFE) protegidos con diafragma metálico. Las válvulas se suministrarán con extremos roscados hembra NPT clase 300#; dotada en un extremo de un conector doble macho, extremo libre con rosca NH (7 1/2 hilos/pulgada), con tapa de bronce y cadena de sujeción de acero inoxidable.

#### 2.6.2.6. Proporcionador de línea para dosificación de líquido espumante.

Características del proporcionador de línea para dosificación de líquido espumante:

- El proporcionador será de tipo Venturi con interconexión al tanque de concentrado de espuma y a la tubería de la red de agua contra incendio para manejar 1,892.5 lpm (500 gpm), entrada de 63.5mm. (2 1/2" ) NPT y salida 76.2mm (3" ) NPT.



- El proporcionador deberá contar con certificado UL y/o FM para servicio de espuma.

### **2.6.2.7. Espuma contraincendio (AFFF).**

Características de la espuma contra incendio (AFFF):

- La espuma contra incendio será del tipo Aqueous Film Forming Foam (AFFF) de baja expansión con una concentración al 3%.
- La espuma se encontrará contenida en un tanque con capacidad de 7419.40l (1960 galones) tipo atmosférico. el cual debe de contar con salida para dos proporcionadores, un dren de válvula de bola, un indicador de nivel, un venteo atmosférico, adicionalmente a los accesorios necesarios para la conexión a los proporcionadores.

### **2.6.2.8. Válvula de diluvio.**

El funcionamiento del sistema debe ser hidráulicamente calculado y aplicaran las siguientes características:

- La tubería de aspersion debe ser de 25 mm (1") de diámetro como mínimo.
- La presión no será menor a 1.4 Kg/cm<sup>2</sup> (20 psi) en la boquilla más remota hidráulicamente durante la operación del sistema.
- Los orificios de restricción no son permitidos.

El sistema de aspersion con válvulas de diluvio debe ser activado de las siguientes formas:

- Por acción manual de la estación de disparo en la válvula de diluvio.
- Por la operación de la válvula solenoide a control remoto desde el cuarto de control a través del subsistema de gas y fuego (en forma automática cuando se reciba la señal de los detectores de fuego del área respectiva donde aplique y en forma manual cuando el operador accione la estación de botones del sistema de aspersion del área correspondiente).

La válvula de diluvio debe ser suministrada como equipo paquete, que incluya todos los accesorios para su correcta operación. El material del cuerpo de níquel-aluminio-bronce, especificación ASTM B148.

Las válvulas solenoides del paquete deben cumplir con las siguientes características:

- Cuerpo de acero inoxidable 316 con recubrimiento epóxico color rojo.
- Internos resistentes a la corrosión y agua de mar (Hastelloy C).
- Rangos de operación de los instrumentos de acuerdo al suministro eléctrico.
- Bobina de las válvulas para energizado continuo y operación con suministro eléctrico en 24 VCD.
- Bobina tropicalizada.
- Todos los accesorios deben soportar ambiente corrosivo.



Las válvulas de diluvio deben ser controladas automáticamente por la UPR de gas y fuego, mediante el accionamiento de las válvulas solenoides cuando se detecte una condición de fuego confirmado mediante los detectores UV/IR.



# Diseño de la Red Contra incendio Cálculo del Riesgo Mayor



### 3 DISEÑO DE LA RED CONTRAINCENDIO.

#### 3.1 CÁLCULO DEL RIESGO MAYOR.

El alcance de esta Memoria de Cálculo es definir la cantidad de Agua contra incendio y de agua-espuma requerida por el riesgo mayor en la mina Calcosita en Salaverna, Municipio Mazapil, Zacatecas.

Este capítulo se refiere a las siguientes áreas:

- Extracción por Solventes
- Recuperación de Orgánico
- Calentamiento de Electrolito Rico
- Tanques asentadores
- Electrodeposición
- Reactivos y Servicios

#### 3.2 DEFINICIONES.

Las definiciones contenidas en el presente apartado se aplicarán a los términos utilizados en esta Memoria de Cálculo.

Cuando los términos no están incluidos, el uso común de los términos se aplicará.

**Demanda de Agua-Espuma Contra incendio.-** Es la cantidad máxima demandada de solución agua-espuma como resultado de la investigación de la ocurrencia de un sólo incendio en un área de la planta, se excluye la presencia de dos o más incendios al mismo tiempo.

**Zona de Incendio (ZDI).-** Un área que está separada físicamente de otras áreas por espacio, barreras, paredes, u otros medios para contener el fuego dentro de esa área.

**Sistema de Aspersión.-** Aplicación de solución agua-espuma mediante boquillas aspersoras, empleadas con efectividad para el control de la combustión o protección a exposición en caso de un incendio.

**Espuma Mecánica Contra Incendio.-** Es un producto que consiste en una masa estable de pequeñas burbujas constituidas por agua y concentrado espumante, que se mezclan con aire para inflar la burbuja. Esta última, al ser más ligera que los líquidos combustibles, flota en la superficie impidiendo el acceso de oxígeno y evitando su mezcla con vapores inflamables, así como enfriando y separando la flama de la superficie



incendiada y, por lo tanto provocando la extinción del fuego.

**Concentrado de Espuma.-** Un agente líquido espumante concentrado como se recibe del fabricante.

**Concentrado AFFF.-** Concentrado a base de surfactantes fluorados más estabilizadores de espuma diluido sustancialmente con agua para formar una solución al 1, 3 o 6 por ciento.

### 3.3 CRITERIOS DE DISEÑO.

El diseño del sistema de agua contra incendio se basa en que una vez que se produce un incendio dentro de una zona, el fuego no se extienda a equipos cercanos dentro de la misma zona de incendio y/o a la zona(s) cercana(s). Se excluye la existencia de dos o más incendios al mismo tiempo en zonas diferentes.

Para cada zona resultante, se calculará una "Demanda de Agua Contra Incendio" así; la que resulte mayor, se considerará como la zona donde tenemos nuestro "Riesgo Mayor" por lo tanto esa será "La Demanda de Agua Contra incendio de Diseño".

### 3.4 DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE INCENDIO.

Para determinar el agua contra incendio requerida en cada zona, se considerará al mismo tiempo el suministro de agua a todos los equipos que requieren protección contra incendio por medio de sistemas de diluvio / aspersion y otros, y que estén expuestos a fuego y/o radiación por incendio en una misma Zona de Incendio (ZDI).

Las Zonas de Incendio están agrupadas de la siguiente manera:

- ZDI-01 Extracción por Solventes 1
- ZDI-02 Extracción por Solventes 2
- ZDI-03 Recuperación de Orgánico 1
- ZDI-04 Recuperación de Orgánico 2
- ZDI-05 Calentamiento de Electrolito Rico 1 y 2
- ZDI-06 Tanque asentador 1 y 2
- ZDI-07 Electrodeposición (CE-5001-CE-5092)
- ZDI-08 Electrodeposición (CE-5093-CE-5184)
- ZDI-09 Reactivos y Servicios

Las zonas de ZDI-01 al ZDI-08 se pueden ver en el plano 02 y la zona ZDI-09 en el plano 03, que se muestran a continuación.







DISEÑO DE LA RED CONTRAINCENDIO CÁLCULO DEL RIESGO MAYOR

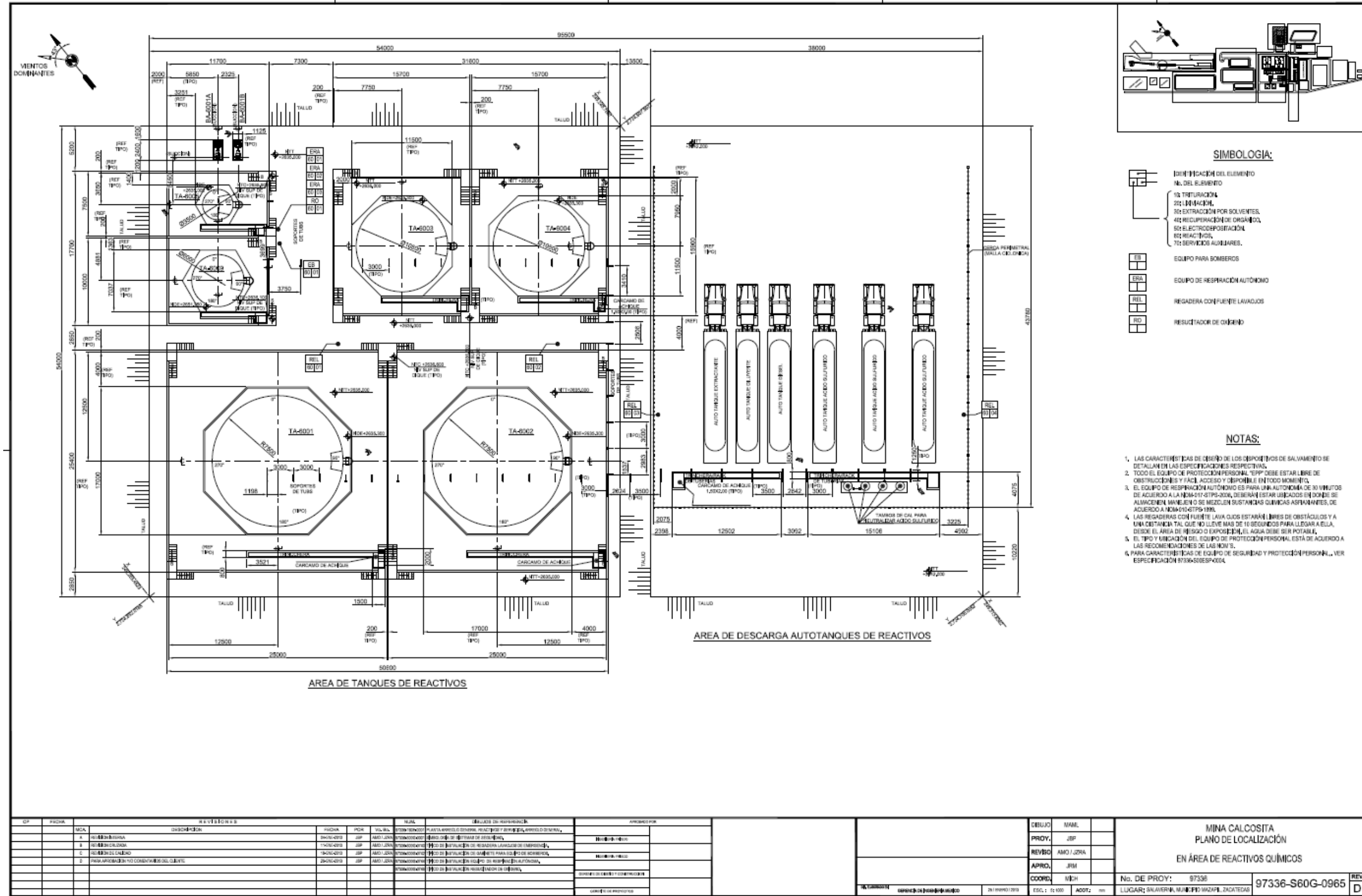


Figura 3.4.2 Plano arreglo general de equipo em área de reactivos químicos. Fuente: Elaboración propia, 2014



### 3.5 REQUERIMIENTOS PARA CALCULAR LA DEMANDA DE AGUA CONTRA INCENDIO POR ZONA DE INCENDIO (ZDI).

#### 3.5.1 ZDI-01 “Extracción por Solventes 1”

La demanda de agua contra incendio será determinada por la suma del consumo de agua de los siguientes sistemas / equipos contra incendio:

- La cantidad de agua de los sistemas fijos de aspersión de agua-espuma contra incendio, necesaria para combatir el siniestro en 3 piletas a la vez (9 boquillas de 121 gpm cada una).
- El gasto de agua contra incendio de 4 tomas de Hidrantes ubicados estratégicamente para crear cortinas de agua y evitar que la radiación llegue a otros equipos y/o zonas de incendio (125 gpm por toma de Hidrante).

#### 3.5.2 ZDI-02 “Extracción por Solventes 2”

La demanda de agua contra incendio será determinada por la suma del consumo de agua de los siguientes sistemas / equipos contra incendio:

- La cantidad de agua de los sistemas fijos de aspersión de agua-espuma contra incendio, necesaria para combatir el siniestro en 3 piletas a la vez (9 boquillas de 121 gpm cada una).
- El gasto de agua contra incendio de 4 tomas de Hidrantes ubicados estratégicamente para crear cortinas de agua y evitar que la radiación llegue a otros equipos y/o zonas de incendio (125 gpm por toma de Hidrante).

#### 3.5.3 ZDI-03 “Recuperación de Orgánico 1”

La demanda de agua contra incendio será determinada por la suma del consumo de agua de los siguientes sistemas / equipos contra incendio:

- La cantidad de agua de 2 Monitores de agua-espuma contra incendio fijos necesaria para combatir el fuego del tanque más grande de la zona de incendio (350 gpm cada uno).
- El gasto de agua contra incendio de 4 tomas de Hidrantes ubicados estratégicamente para crear cortinas de agua y evitar que la radiación llegue a otros equipos y/o zonas de incendio (125 gpm por toma de Hidrante).



### 3.5.4 ZDI-04 “Recuperación de Orgánico 2”

La demanda de agua contra incendio será determinada por la suma del consumo de agua de los siguientes sistemas / equipos contra incendio:

- La cantidad de agua de 2 Monitores de agua-espuma contra incendio fijos necesaria para combatir el fuego del tanque más grande de la zona de incendio (350 gpm cada uno).
- El gasto de agua contra incendio de 4 tomas de Hidrantes ubicados estratégicamente para crear cortinas de agua y evitar que la radiación llegue a otros equipos y/o zonas de incendio (125 gpm por toma de Hidrante).

### 3.5.5 ZDI-05 “Calentamiento de Electrolito Rico 1 y 2”

La demanda de agua contra incendio será determinada por la suma del consumo de agua de los siguientes sistemas / equipos contra incendio:

- La cantidad de agua de 2 Monitores de agua-espuma contra incendio fijos necesaria para combatir el fuego del tanque más grande de la zona de incendio (350 gpm cada uno).
- El gasto de agua contra incendio de 4 tomas de Hidrantes ubicados estratégicamente para crear cortinas de agua y evitar que la radiación llegue a otros equipos y/o zonas de incendio (125 gpm por toma de Hidrante).

### 3.5.6 ZDI-06 “Tanques Asentadores 1 y 2”.

La demanda de agua contra incendio será determinada por la suma del consumo de agua de los siguientes sistemas / equipos contra incendio:

- La cantidad de agua de 2 Monitores de agua-espuma contra incendio fijos (350 gpm cada uno)
- El gasto de agua contra incendio de 2 tomas de Hidrantes ubicados estratégicamente para crear cortinas de agua y evitar que la radiación llegue a otros equipos y/o zonas de incendio (125 gpm por toma de Hidrante).

### 3.5.7 ZDI-07 “Electrodeposición (CE-5001-CE-5092)”.

La demanda de agua contra incendio será determinada por la suma del consumo de agua de los siguientes sistemas / equipos contra incendio:



- El gasto de agua-espuma contra incendio de 2 tomas de Hidrantes ubicados estratégicamente para combatir el fuego y evitar que se propague al siguiente lote de celdas (250 gpm por Hidrante).

### 3.5.8 ZDI-08 “Electrodeposición (CE-5093-CE-5184)”

La demanda de agua contra incendio será determinada por la suma del consumo de agua de los siguientes sistemas / equipos contra incendio:

- El gasto de agua-espuma contra incendio de 2 tomas de Hidrantes ubicados estratégicamente para combatir el fuego y evitar que se propague al siguiente lote de celdas (250 gpm por Hidrante).

### 3.5.9 ZDI-09 “Reactivos y Servicios”.

La demanda de agua contra incendio será determinada por la suma del consumo de agua de los siguientes sistemas / equipos contra incendio:

- La cantidad de agua de 2 Monitores de agua-espuma contra incendio fijos necesaria para combatir el fuego de uno de los tanques de diluyente (Keroseno), (350 gpm cada uno).
- El gasto de agua contra incendio de 2 tomas de Hidrantes ubicados estratégicamente para crear cortinas de agua y evitar que la radiación llegue a otros equipos y/o zonas de incendio (125 gpm por toma de Hidrante).

### 3.5.10 “Tabla de gasto de agua contra incendio de acuerdo a ZDI.”

Zona de incendio	Descripción	Solución total requerida (gpm)
ZDI-01	Extracción por Solventes 1	3767
ZDI-02	Extracción por Solventes 2	3767
ZDI-03	Recuperación de Orgánico 1	1200
ZDI-04	Recuperación de Orgánico 2	1200
ZDI-05	Calentamiento de Electrolito Rico	1200
ZDI-06	Tanques Asentadores	950
ZDI-07	Electrodeposición (CE-5001-CE-5092)	500
ZDI-08	Electrodeposición (CE-5093-CE-5184)	500
ZDI-09	Reactivos y Servicios	950



### 3.6 CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIO Y DE ESPUMA AFFF.

#### 3.6.1 Consideraciones para cálculo de agua contra incendio y espuma AFFF.

De acuerdo el riesgo que existe en la mina Calcosita por la utilización de solventes como método de extracción, en caso de incendio y debido a las propiedades de los fluidos manejados (líquidos combustibles según la clasificación de la NFPA), no se permite el uso de agua contra incendio para combatir el fuego, por lo tanto para dicho evento se debe usar una solución de agua-espuma AFFF. El agua contra incendio solo se utilizara como apoyo para enfriamiento de los equipos aledaños, tanques y estructuras cercanas, y así minimizar los efectos del calor irradiado sobre instalaciones vecinas, evitando la expansión del siniestro. La aplicación de espuma (Aquous Film Forming Foam) es el método principal y más efectivo para extinguir incendios de hidrocarburos y otros solventes orgánicos.

El volumen de solución agua-espuma necesaria para proteger cada equipo se obtendrá multiplicando el área de cada equipo por la densidad de aplicación, que es de 0.20 gpm/ft<sup>2</sup> según el riesgo. La solución de agua-espuma AFFF está conformada por el 97% de agua contra incendio y 3% de concentración de espuma AFFF.

Para obtener el agua contra incendio requerida se analiza el caso más crítico de incendio por cada zona considerando que no todos los equipos se incendian al mismo tiempo lo cual nos permite reducir el gasto total de agua.

- Los criterios a seguir son los siguientes.
- ZDI-01: Se incendian 3 Tanques Asentadores de Extracción al mismo tiempo
- ZDI-02: Se incendias 3 Tanques Asentadores de Extracción al mismo tiempo
- ZDI-03: Se incendia 1 Tanque de Orgánico Cargado
- ZDI-04: Se incendia 1 Tanque de Orgánico Cargado
- ZDI-05: Se incendia 1 Tanque de Electrolito Rico
- ZDI-06: Se incendia 1 Tanque Asentador de Colas
- ZDI-07: Se incendian todas las Celdas Electrolíticas
- ZDI-08: Se incendian todas las Celdas Electrolíticas
- ZDI-09: Se incendia un tanque de Diluyente

Siguiendo los criterios anteriores, el agua contra incendio y el concentrado de espuma AFFF por zona es la siguiente:



**3.6.1.1 “Tabla de gasto requerido de agua contraincendio y concentrado de espuma AFFF”**

Zona de incendio	Área a Proteger (ft <sup>2</sup> )	Densidad de Aplicación (gpm/ft <sup>2</sup> )	Solución total requerida (gpm)	Agua requerida (gpm)	Concentrado de espuma requerida (gpm)
			Gasto		
<b>ZDI-01</b>	16146	0.20	<b>3229</b>	<b>3132</b>	<b>96</b>
<b>ZDI-02</b>	16146	0.20	<b>3229</b>	<b>3132</b>	<b>96</b>
<b>ZDI-03</b>	2451	0.20	490	476	14
<b>ZDI-04</b>	2451	0.20	490	476	14
<b>ZDI-05</b>	2269	0.20	454	440	14
<b>ZDI-06</b>	2029	0.20	406	394	12
<b>ZDI-07</b>	4088	0.20	818	793	27
<b>ZDI-08</b>	4088	0.20	818	793	27
<b>ZDI-09</b>	2166	0.20	433	420	13

De acuerdo con los cálculos realizados se observa que el **Riesgo Mayor** está en el área de **Extracción por Solventes**.

**3.7 CÁLCULO DEL GASTO REAL TOTAL REQUERIDO POR ZONAS DE INCENDIO.**

Para el cálculo de la demanda de agua contraincendio total se suma el gasto de los equipos y/o dispositivos con los cuales se mitigara el fuego y los apoyos para evitar que el incendio se expanda o los equipos y estructuras cercanos se sobrecalientes, evitando así una mayor pérdida de bienes materiales.

En la siguiente tabla se resume el cálculo de la demanda de agua contraincendio siguiendo los criterios mencionados en el apartado 3.5, y en cumplimiento con las normas mexicanas e internacionales, como son: NOM-002-STPS-2010. Condiciones de Seguridad, Prevención, Protección y Combate de Incendios en los Centros de Trabajo. NOM-005-STPS-1998. Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo para el Manejo, Transporte y Almacenamiento de Sustancias Químicas Peligrosas. NOM-023-STPS-2003. Trabajos en Minas-Condicion de Seguridad y Salud en el Trabajo. NFPA 11. Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam, 2010. NFPA 16. Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems, 2011. NFPA 122. Standard for Fire Prevention and Control in Metal/Nonmetal Mining and Metal Mineral Processing Facilities, 2010. FM 4-12. Foam-Water Sprinklers Systems, 2011.



**3.7.1 “Tabla de gasto real total de agua contraincendio y concentrado de espuma AFFF.”**

Zona de incendio	Gasto del Sistema Aspersión (gpm)		Gasto de Monitores (gpm)		Gasto de Hidrantes (gpm)	Gasto de Hidrantes (gpm)		Gasto Total Requerido(gpm)	
	Agua	Espuma AFFF	Agua	Espuma AFFF	Agua	Agua	Espuma AFFF	Agua	Espuma AFFF
<b>ZDI-01</b>	3169	98	N.A.	N.A.	500	N.A.	N.A.	<b>3669</b>	<b>98</b>
<b>ZDI-02</b>	3169	98	N.A.	N.A.	500	N.A.	N.A.	<b>3669</b>	<b>98</b>
<b>ZDI-03</b>	N.A.	N.A.	679	21	500	N.A.	N.A.	1179	21
<b>ZDI-04</b>	N.A.	N.A.	679	21	500	N.A.	N.A.	1179	21
<b>ZDI-05</b>	N.A.	N.A.	679	21	500	N.A.	N.A.	1179	21
<b>ZDI-06</b>	N.A.	N.A.	679	21	250	N.A.	N.A.	929	21
<b>ZDI-07</b>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	485	15	485	15
<b>ZDI-08</b>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	485	15	485	15
<b>ZDI-09</b>	N.A.	N.A.	679	21	250	N.A.	N.A.	929	21



# Cálculo Hidráulico y Bombas contraincendio





#### 4 CÁLCULO HIDRÁULICO Y BOMBAS CONTRAINCENDIO.

##### 4.1 ALCANCE.

El alcance de esta Memoria de Cálculo es determinar las condiciones de Flujo y Presión así como el Diámetro del cabezal principal requeridos para el funcionamiento de la red de agua-espuma contraincendio, de la mina Calcosita en Salaverna, Municipio Mazapil, Zacatecas.

##### 4.2 DEFINICIONES.

Las definiciones contenidas en el presente apartado se aplicarán a los términos utilizados en esta Memoria de Cálculo.

Cuando los términos no están incluidos, el uso común de los términos se aplicará.

**Accesorio.-** Acoplamiento que permite a la tubería principal de servicio contraincendio realizar su función prevista.

**Bomba Principal.-** Bomba que suministra agua contraincendio del tipo fijo, accionada con motor eléctrico o de combustión interna a diésel, cuya capacidad nominal o suma de capacidades nominales satisfacen los requerimientos de mayor demanda de agua en caso de incendio, a una presión especificada.

**Bomba de Relevo.-** Bomba de agua contraincendio del tipo fijo, accionadas exclusivamente con motor de combustión interna a diésel con igual capacidad de gasto y presión para sustituir en caso de falla a la bomba principal, cuando esta no se encuentre en condiciones de operación.

**Demanda de Agua.-** Es la cantidad máxima demandada de agua como resultado de la investigación de la ocurrencia de un sólo incendio en un área de la planta, se excluye la presencia de dos o más incendios al mismo tiempo.

**Gasto Nominal.-** Término empleado para definir la capacidad o el flujo de una bomba contraincendio, el cual corresponde al punto de la curva de comportamiento, que equivale al 100 por ciento de la capacidad para la cual fue diseñada.

**Presión Nominal.-** Aquella desarrollada por la bomba, cuando ésta ópera a su gasto y velocidad (rpm) nominales.



**Presión de succión neta positiva (NPSH).**- Aquella que origina que en una bomba, un líquido fluya a través de la tubería de succión hacia el impulsor de la propia bomba.

**Rugosidad absoluta.**- Es la altura media de las asperezas o rugosidades  $\epsilon$  de la superficie de un tubo.

**Rugosidad relativa.**- Es la relación entre la rugosidad absoluta y el diámetro del tubo ( $\epsilon/D$ ).

**Sistema Diseñado Hidráulicamente.**- Sistema de Rociadores calculado, en el cual los diámetros de las tuberías son seleccionados en base a la pérdida de presión, para proporcionar una densidad de aplicación de agua prescrita, en galones por minuto por pie cuadrado (mm/min), o una presión mínima de descarga o flujo por rociador prescritos, distribuido con un grado razonable de uniformidad, sobre un área específica.

### 4.3 NOMENCLATURA.

CHD	Columna Hidrostática en la descarga de la bomba (psig o pies de fluido).
CHS	Columna Hidrostática en la succión de la bomba (psig o pies de fluido).
D	Diámetro nominal de la Tubería calculado (in).
di	Diámetro interior Comercial (in).
dc	Diámetro nominal Comercial (in).
de	Diámetro Exterior Comercial (in).
f	Factor de Fricción (adimensional).
F.S.	Factor de Seguridad (adimensional).
LAC	Longitud Equivalente por accesorios (ft).
LT	Longitud Total (ft).
LTUB	Longitud de Tubería recta (ft).
L1	Nivel Mínimo de operación (ft).
L2	Elevación de la Boquilla de Succión (ft).
L3	Nivel de Boquilla de Descarga de la Bomba (ft).
L4	Nivel de la Boquilla de Entrada al Equipo o Punto Final de Descarga (ft).
NPSHD	Cabeza neta positiva en la succión de una bomba disponible de acuerdo al arreglo de equipo y condiciones de operación (pies de fluido).
NPSHR	Cabeza neta positiva en la succión de una bomba requerida para el correcto funcionamiento de dicho equipo (pies de fluido).
PDD	Presión de Descarga a la Capacidad de Diseño de la Bomba (psi).
PDIF	Presión Diferencial (psi).
PDIF APROX	Presión Diferencial con Aproximación a 5 pies.
PDN	Presión de Descarga Normal (psi).



$P_i$	Presión Inicial (psig).
$P_{SD}$	Presión de Succión de Diseño.
$P_{SN}$	Presión de Succión Normal.
$P_T$	Presión Total Fija (psig).
$P_V$	Presión de Vapor del fluido bombeado (psi).
$Q$	Flujo volumétrico del fluido bombeado el cual se mide a las condiciones de operación (gpm).
$Re$	Número de Reynolds (adimensional).
$S$	Esfuerzo Permisible ( $lb/in^2$ ).
$Spgr$	Densidad relativa del fluido a su temperatura de bombeo (adimensional).
$T_{op}$	Temperatura de Operación ( $^{\circ}F$ ).
$V$	Velocidad promedio del fluido dentro de una tubería con diámetro interior constante (pies/seg).
$\Delta P_E$	Caída de Presión por Equipos (psi).
$\Delta P_t$	Caída de Presión por Tramo (psi).
$\Delta P_T$	Caída de Presión Total (psi).
$\Delta P_{100}$	Perdidas de Presión sin corrección por viscosidad dentro de una tubería con diámetro interior constante por cada 100 pies de longitud ( $psi/100pies$ ).
$(\Delta P_{100})_c$	Valor de $\Delta P_{100}$ ya corregido por viscosidad ( $psi/100pies$ ).
$\rho$	Densidad del fluido medida a su temperatura de bombeo ( $lb/ft^3$ ).
$\mu$	Viscosidad Absoluta del fluido medida a su temperatura de bombeo (cp).
$\alpha$	Coeficiente adimensional de corrección por el uso de velocidad lineal promedio.

#### 4.4 CRITERIOS DE DISEÑO.

El cálculo Hidráulico está basado en la demanda de agua-espuma contraincendio de diseño determinado por el riesgo mayor en el capítulo 3, además de los siguientes criterios:

- La red de agua-espuma contraincendio se basa en que una vez que se produce un incendio se excluye la existencia de dos o más incendios en la planta al mismo tiempo.
- Los cálculos de elaboran asumiendo que la red de agua-espuma contraincendio está en operación sin alguna parte fuera de servicio.
- Se desarrolla el diseño para garantizar una presión mínima disponible en cualquier hidrante o monitor de 100 PSI ( $7\text{ Kg/cm}^2$ ), en condiciones de máxima demanda de agua contraincendio.
- La densidad de la espuma AFFF se considera igual a la del agua contraincendio.



- El material de la tubería de la red de agua-espuma contraincendio será de acero al carbón.

### 4.5 BASES TEÓRICAS.

Una manera de conducir líquidos aun a contrapendiente es por medio de tuberías trabajando “a presión”, para esto se requiere de cierta cantidad de energía por unidad de peso, la cual es proporcionada por una unidad de bombeo.

En conducciones largas, las pérdidas de energía debido a la fricción del líquido con las paredes del conducto (en nuestro caso solución agua-espuma contraincendio), son muy importantes por lo que es necesario evaluarlas y cuantificarlas.

#### 4.5.1 Régimen Hidráulico.

El Número de Reynolds nos indica el régimen de flujo en tuberías, es decir si es laminar o turbulento, el cual depende del diámetro de la tubería, de la densidad y la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo. El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, conocido como el número de Reynolds, puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad.

Las partículas de agua no siguen trayectorias definidas, es decir se conducen entrecruzándose, por lo que existe un gran rozamiento de las moléculas de agua contra las paredes de la tubería. Dicho comportamiento se comprueba con la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{dvp}{\mu}$$

Para estudios técnicos, el régimen de flujo en tuberías se considera como laminar si el número de Reynolds es menor que 2 000 y turbulento si el número de Reynolds es superior a 4 000. Entre estos dos valores está la zona denominada “crítica” donde el régimen de flujo es impredecible, pudiendo ser laminar, turbulento o de transición, dependiendo de muchas condiciones con posibilidad de variación.

#### 4.5.2 Teorema de Bernoulli

El diseño correcto de los equipos y sistemas usados para el transporte de fluidos es de vital importancia para el funcionamiento adecuado de cualquier planta.

La manera más común usada para el transporte de líquidos es la utilización de bombas, tuberías y accesorios que en conjunto, constituyen los sistemas de bombeo.]



El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la aplicación de la ley de la conservación de la energía al flujo de fluidos en una tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica, la altura debida a la presión y la altura debida a la velocidad, es decir:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2G} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2G} + Z_2 + h_f$$

Este balance se aplica entre los puntos inicial y final del transporte de un fluido.

### 4.5.3 Pérdidas por Fricción

La ecuación de Darcy-Weisbach se utiliza para el cálculo de la pérdida de carga debido a la fricción dentro de una tubería llena. La ecuación de Darcy es válida tanto para flujo laminar como turbulento de cualquier líquido en una tubería, y se expresa de la siguiente manera:

$$h_L = \frac{fLv^2}{D2g_n}$$

La fórmula de Darcy puede deducirse por análisis dimensional con la excepción del factor de fricción "f", que debe ser determinado experimentalmente.

El factor de fricción para condiciones de flujo laminar ( $R, < 2000$ ) es función sólo del número de Reynolds; mientras que para el flujo turbulento ( $R, > 4000$ ) es también función a los parámetros de la tubería (rugosidad y diámetro).

Si el flujo es laminar, el factor de fricción puede determinarse a partir de la ecuación:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Si se tiene un flujo turbulento dicho factor se obtiene con la siguiente formula:

$$f = 8 \left[ \left( \frac{8}{Re} \right)^{12} + (A + B)^{-1.5} \right]^{\frac{1}{12}}$$



### 4.5.4 Pérdidas Locales.

Las tuberías de conducción están compuestas por tramos rectos y curvos para ajustarse a los accidentes topográficos del terreno, así como a los cambios que se presentan en la geometría de la sección y de los distintos dispositivos para el control de descargas. Estos cambios originan pérdidas de energía, distintas a las de fricción, localizadas en el sitio mismo del cambio de geometría o de la alteración del flujo. Tal tipo de pérdida se reconoce como pérdida Local. La formula general de pérdida local es:

$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

### 4.5.5 El efecto Sifón.

Se conoce como sifón a una tubería que sube y después baja, y como sifón invertido a aquel que baja y después sube.

En un sistema de bombeo la columna hidrostática de descarga será igual a la diferencia de niveles que exista entre la boquilla de descarga de la bomba y la boquilla de entrada al equipo al cual se está descargando o el nivel de operación del líquido contenido en dicho equipo si la boquilla de entrada esta ahogada, no importando que en el trayecto para unir estos dos puntos existan diferentes cambios de elevación en la tubería.

La tubería puede subir y bajar para evitar obstáculos sin que esto nos represente una carga adicional en nuestra columna hidrostática de descarga, esto se debe al fenómeno conocido como efecto sifón, el cual se basa en el siguiente principio: “En un sifón la energía (en forma de presión) que se traduce en una elevación al ascender el fluido, se recupera totalmente en el momento en que el fluido desciende”.

El efecto sifón es válido para líquidos libres de vapores y/o aire, y es precisamente este requerimiento el que determina la altura límite del sifón para tener una completa recuperación de energía.

Para arreglos de tuberías en los cuales existe un sifón muy cercano al punto de descarga final de la bomba y las pérdidas de presión totales del sifón a este punto no sean al menos iguales a la columna debido a la altura del sifón (caso de descargas atmosféricas), es conveniente considerar en la determinación de la columna hidrostática de descarga la diferencia de niveles que existe entre la altura del sifón y la boquilla de descarga de la bomba.



### 4.5.6 Cavitación.

La cavitación es el fenómeno que se produce al formarse burbujas de vapor dentro de la línea de succión de una bomba, las cuales condensan sobre los internos de la misma en el momento en que alcanzan una zona de mayor presión.

La cavitación produce los siguientes efectos adversos:

- Generación de ruido y vibraciones.
- Disminución en la presión de descarga y en la eficiencia de la bomba.
- Perforación y erosión de sus internos.

La cavitación se dará siempre que el NPSHD sea menor que el NPSHR; esta situación indica que la presión de succión es menor que la presión de vapor del fluido a su temperatura de bombeo, por lo que en ese momento el fluido en cuestión comenzará a vaporizarse. Es conveniente dar lugar a un margen de seguridad que impida que las bombas caviten; por lo tanto, como regla general de diseño, la bomba seleccionada para compra debe cumplir con la siguiente condición:

$$NPSH_D = NPSH_R + 2 \text{ pies de Fluido}$$

Para cumplir con la condición anterior es necesario estimar el NPSHD con la mayor exactitud posible, a fin de evitar una de las fallas más comunes en la selección de bombas.

## 4.6 CÁLCULO HIDRÁULICO

El cálculo hidráulico se hizo en base al punto más desfavorable y con el flujo del riesgo mayor para así garantizar la presión en cualquier punto de la red de agua-espuma contra incendio. El caso más crítico es en el área de extracción por solventes. A continuación la secuencia de cálculos:



## 4.6.1 Cálculos en la succión.

## 4.6.2 Datos de diseño.

Fluido		AGUA	
Gasto	(Q)	3500	gpm
Temperatura de Operación	(T <sub>op</sub> )	77	°F
Presión Inicial Minima	(P <sub>1</sub> )	0	psig
Densidad	(ρ)	62.22	lb/ft <sup>3</sup>
Viscosidad	(μ)	1	cP
Gravedad Especifica	Spgr	1	Adimensional
Velocidad Recomendada	(V)	11	ft/s
Material de Construcción	-	acero	-
Coficiente y (ANSI B31.3)	-	0.4	
Corrosión Permisible	-	0.125	in
Esfuerzo Max. Permisible	S	17500	lb/in <sup>2</sup>
Cedula		40	
Diametro Comercial	dc	12	in
Diametro Interior Comercial	di	11.938	in
Diametro Exterior	de	12.75	in
Espesor comercial	-	0.406	in
Velocidad Calculada	Vc	10.94	ft/s





### 4.6.3 Cálculos.

Nivel Mínimo de Operación	$L_1$	3	ft
Elevación de la Boquilla de succ.	$L_2$	1	ft
Columna Hidrostática	CHS	1	psig
Presión Inicial	$P_i$	1	psig
Número de Reynolds	Re	923033	Adimensional
Rugosidad Absoluta	$\epsilon$	0.00015	ft
Rugosidad Relativa	$\epsilon/D$	0.00014	Adimensional
Coef. "A" de Curchill	A	1.04E+22	Adimensional
Coef. "B" de Curchill	B	5.58E-23	Adimensional
Factor de Fricción	f	0.01415	Adimensional
Caída de presión por cada 100 ft	$\Delta P_{100}$	0.9611	psig
Corrección por incrustación	$(\Delta P_{100})_C$	1.1533	psig
Longitud Eq. por Accesorios	$L_{AC}$	264	ft
Longitud Tubería Recta	$L_{TUB}$	35	ft
Longitud Equivalente Total	$L_T$	299	ft
Caída de Presión en cada tramo	$\Delta P_t$	3.45	psi
Caída de Presión Total	$\Delta P_T$	3.45	psi
Caída de Presión por Equipos	$\Delta P_E$	0.25	psi
Factor de Seguridad	-	1.1	-
DP Total @ Cap. De la Bomba	$\Delta P_{TC}$	4.175	psi
DP Equipos @ Cap. De la Bomba	$\Delta P_{E_C}$	0.303	psi
Presión de Succ. @ Cap. Normal	$P_{SN}$	-2.73	psi
Presión Succ. @ Cap. Diseño	$P_{SD}$	-3.51	psi



## 4.6.4 Cálculos en la descarga

### 4.6.5 Datos de diseño

Fluido		AGUA	
Gasto	(Q)	3500	gpm
Temperatura de Operación	(T <sub>op</sub> )	77	°F
Presión Terminal Maxima	(P <sub>2</sub> )	105	psig
Densidad	(ρ)	62.22	lb/ft <sup>3</sup>
Viscosidad	(μ)	1	cP
Gravedad Especifica	Spgr	1	Adimensional
Velocidad Recomendada	(V)	11	ft/s
Material de Construcción	-	acero	-
Coficiente y (ANSI B31.3)	-	0.4	
Corrosión Permisible	-	0.125	in
Esfuerzo Max. Permisible	S	17500	lb/in <sup>2</sup>
Cedula		40	
Diametro Comercial	dc	12	in
Diametro Interior Comercial	di	11.938	in
Diametro Exterior	de	12.75	in
Espesor comercial	-	0.406	in
Velocidad Calculada	Vc	10.94	ft/s



### 4.6.6 Cálculos

Nivel de la boquilla de descarga de la bomba	$L_3$	3	ft
Nivel de la boquilla de entrada al equipo o punto de descarga	$L_4$	-18	ft
Columna Hidrostatica	CHS	-10.14	psig
Presión Total Fija	$P_{TF}$	94.86	psi
Número de Reynolds	Re	918264	Adimensional
Rugosidad Absoluta	$\epsilon$	0.00015	ft
Rugosidad Relativa	$\epsilon/D$	0.00014	Adimensional
Coef. "A" de Churchill	A	1.04E+22	Adimensional
Coef. "B" de Churchill	B	6.06E-23	Adimensional
Factor de Fricción	f	0.01416	Adimensional
Caída de presión por cada 100 ft	$\Delta P_{100}$	0.9614	psig
Corrección por incrustación	$(\Delta P_{100})_C$	1.1537	psig
Longitud Eq. por Accesorios	$L_{AC}$	1685	ft
Longitud Tubería Recta	$L_{TUB}$	2178	ft
Longitud Equivalente Total	$L_T$	3863	ft
Caída de Presión en cada tramo	$\Delta P_t$	44.57	psi
Caída de Presión Total	$\Delta P_T$	44.57	psi
Proporcionador	-	40.00	psi
Caída de Presión por Equipos	$\Delta P_E$	40.00	psi
Factor de Seguridad	-	1.1	-
Perdidas Totales Variables	$\Delta P_{tv}$	84.57	psi
Perdidas Tot. Var. @ Cap. Bomba	$\Delta P_{TVC}$	102.33	psi
Perdidas Totales	$\Delta P_{tot}$	139.43	psi
Perdidas Totales @ Cap. Bomba	$\Delta P_{TC}$	197.19	psi
Presión Diferencial	$P_{DIF}$	200.70	psi
P Dif. Con Aprox. 5 pies	$P_{DIF\ APROX}$	463.01	pies de fluido
P Dif. Con Aprox. Corregida	$P_{DIF\ APROX}$	201.56	pies de fluido
Presión de Desc. @ Cap. Normal	$P_{DN}$	84.64	psi
Presión Desc. @ Cap. Diseño	$P_{DD}$	198.05	psi



### 4.6.7 Cálculo NSPH

Presión en el Tanque de Alm.	$P_{TA}$	33.91	pies de Fluido
Presión de Vapor en la succión:	$P_{VAP}$	0	pies de Fluido
Presión Disponible	$P_{DISPONIBLE}$	35.88	pies de fluido
Perdidas por fricción a la capacidad de diseño de la bomba			
	$\Delta P_{TC}$	9.63	pies de fluido
Perdidas en equipo a la capacidad de diseño de la bomba			
	$\Delta P_{EC}$	0.70	pies de fluido
NPSH Disponible	$NPSH_D$	25.55	pies de fluido

### 4.6.8 Cálculo Potencia al Freno

Presión Diferencial	$\Delta H$	200.70	psi
Eficiencia de la bomba	$\eta$	70	%
Potencia al Freno	BHP	584.61	

A continuación se muestran los resultados del cálculo hidráulico:

### 4.6.9 “Tabla de resultados de análisis hidráulico.”

Descripción	Dimensión
Diámetro del anillo principal	12 in
Velocidad del fluido	10.94 ft/seg
Caída de presión total en la succión	4.175 psi
Presión de diseño a la succión	-3.51 psi
Caída de presión total en la descarga	197.19 psi
Presión Diferencial	201.56 pies de fluido
Presión de diseño en la descarga	198.05 psi
NPSH Disponible	25.55 pies de fluido
Potencia Hidráulica	409.59 HP
Potencia al Freno	585 BHP



# Sistema de Espuma



## 5 SISTEMA DE ESPUMA

### 5.1 ALCANCE

El alcance de esta Memoria de Cálculo es definir la cantidad, tipo, arreglo y condiciones de operación (flujo y presión) de las boquillas aspersoras de agua-espuma, para suministrar una aplicación óptima del sistema de extinción de incendio sobre los equipos protegidos con espuma contra incendio en la mina Calcosita en Salaverna, Municipio Mazapil, Zacatecas.

El diseño del sistema de aspersión tipo de diluvio para la protección contra incendio de los equipos instalados en la mina calcosita se desarrolla bajo el siguiente esquema de cálculo:

- Determinación de la cantidad y distribución de las boquillas de aspersión para proteger completamente el área de riesgo de los equipos citados en el capítulo 3.
- El marco normativo y de diseño bajo el que se calcularan los distintos sistemas de aspersores será en estricto apego a los lineamientos de las normas y estándares nacionales e internacionales.

### 5.2 METODOLOGIA DE DISEÑO

De acuerdo con el análisis del riesgo que presenta el proceso de extracción por solventes, se requiere de un sistema de espuma contra incendio para mitigar el fuego. Por las características de los equipos y las sustancias que contienen utilizaremos boquillas aspersoras en los Tanques de Asentamiento de despojo.

Dicho sistema utilizará un concentrado de espuma formadora de película acuosa (AFFF), la cual está hecha a base de surfactantes florados más estabilizadores de espuma, la cual estará diluida sustancialmente con agua para formar una solución al 3%.

### 5.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE BOQUILLAS

Los principales parámetros para la selección de las boquillas giran en torno a sus características las cuales se enlistan a continuación:

- Forma del Chorro.
- Distancia de Aspersión.
- Angulo de Aspersión.
- Traslape entre chorros.
- Distanciamiento entre boquillas.



- Longitud de cobertura.
- Los sistemas aspersores para el área de tanques asentadores serán a base de boquillas con un flujo constante de Los sistemas aspersores para el área de pozos serán a base de boquillas con un flujo constante de 458.03 lpm @ a 5.03 bar (121 gpm @ 73 psi), tipo cono lleno, ángulo de aspersión de 150°, de 25.4mm (1”) de diámetro NPT Macho, construidas en Acero 316.
- La densidad de aplicación (pA) será de 8.15 lpm/m<sup>2</sup> (0.2 gpm/ft<sup>2</sup>) de acuerdo a lo indicado en la norma internacional de referencia FM-Global 4-12 “Foam-water sprinkler systems”.
- Las boquillas de aspersión deben estar distanciadas entre sí, de tal manera que los extremos horizontales de los conos de aspersión se traslape entre un rango del 15% al 30%.
- La velocidad de agua recomendada para la selección del diámetro de la tubería es de 3.65 a 5.48 m/s (12-18 ft/seg), de acuerdo al punto 8.1.5 de la NRF-127-PEMEX.
- La distancia entre las boquillas de aspersión y la superficie del equipo deberá ser 0.610 m (24 in.) como mínimo, de acuerdo a lo indicado en el NFPA 15, con el fin de que el anillo instalado por la parte superior cumpla con lo siguiente:
  - No obstruya y dificulte las labores de mantenimiento y operación del equipo.
  - Para que la boquilla proporcione una longitud de cobertura y cumpla con los requerimientos de enfriamiento.
  - Para que el agua no choque y salpique con la superficie externa del equipo, disminuyendo la capacidad de enfriamiento de la misma.

Según lo anterior y la disponibilidad en el mercado se seleccionaron las siguientes boquillas:

**5.3.1 “Tabla de características de las boquillas de aspersión.”**

Marca / Modelo	BETE / TFXPW
Espectro de Pulverización:	Cono lleno
Factor K:	14.2
Angulo de Aspersión:	150°
Diámetro de Boquilla:	1” NPT
Presión de Operación:	73 PSI
Material:	Acero 316
Capacidad:	121 gpm



El coeficiente “K” es un factor proporcional entre el flujo y la presión de operación, característico de cada boquilla, es una propiedad intrínseca y depende de factores mecánicos. Está definido con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{Q}{P^n}$$

Dónde:

Q = Flujo de la boquilla (gpm)

K = Factor K de la boquilla

P = Presión total de diseño en (psi) al flujo Q

n = 0.50

#### 5.4 DENSIDAD DE APLICACIÓN.

La densidad de aplicación está definida por la norma internacional de referencia FM-Global 4-12 “Foam-Water Sprinkler Systems” la cual indica que para sistemas automáticos de agua-espuma se debe utilizar como mínimo una densidad de 0.2 gpm/ft<sup>2</sup> (8.15lpm/m<sup>2</sup>).

#### 5.5 METODOLOGIA DE CÁLCULO.

El diseño del sistema de aspersion involucra el seguimiento de la metodología de cálculo descrita a continuación, la cual es aplicable a todos los sistemas que trata el presente capítulo.

Cálculo del número de boquillas requeridas:

- Por Flujo Requerido.
- Por Arreglo de Boquillas Aspersoras.

##### 5.5.1 POR FLUJO REQUERIDO.

###### 5.5.1.1 Cálculo del área superficial del equipo a proteger (A<sub>p</sub>).

El cálculo del área va a depender del equipo que se va a proteger.

###### 5.5.1.2 Determinar el flujo requerido para proteger el equipo (Q<sub>req</sub>).

$$Q_{req} = \rho A * Ap$$

Dónde:

Q<sub>req</sub>. = flujo requerido de agua, (gpm).





$\rho_A$  = densidad de aplicación, (gpm/ft<sup>2</sup>).

$A_p$  = área total a proteger, (ft<sup>2</sup>).

### 5.5.1.3 Cálculo del Número de boquillas por flujo requerido ( $N_b$ ).

$$No.boq. = \frac{Q_{req}}{Q_{boq}}$$

Dónde:

$Q_{req}$  = flujo requerido de agua, (gpm).

$Q_{boq}$  = flujo mínimo por boquilla (gpm).

### 5.5.1.4 Gasto Real de Acuerdo al Número de boquillas ( $Q_r$ ).

$$Q_{real} = No.boq. * Q_{boq}$$

Dónde:

$N_b$  = número de boquillas.

$Q_b$  = flujo mínimo por boquilla (gpm).

## 5.5.2 POR ARREGLO DE BOQUILLAS ASPERSORAS ( $N_{BA}$ )

### 5.5.2.1 Esquema de Cálculo.

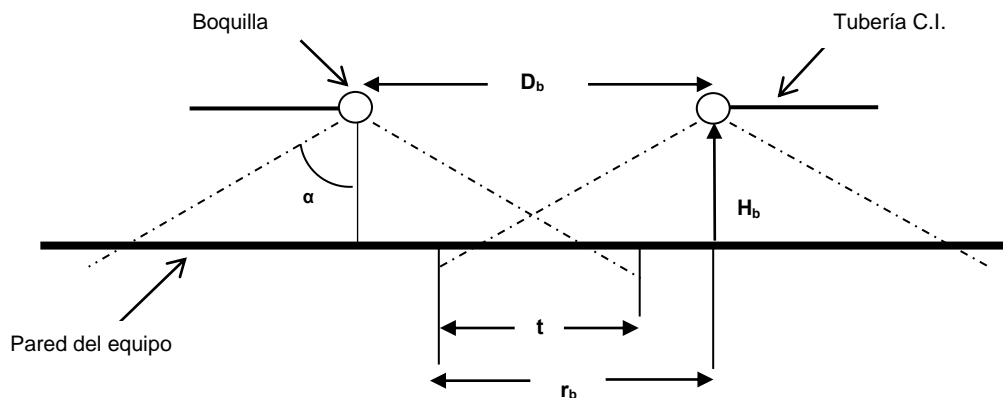


Figura 5.5.2.1 Espaciamiento de boquillas de aspersión. Fuente PEMEX, NRF-015-PEMEX-2012 Protección de áreas y tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles, 2012



### 5.5.2.2 Radio de cobertura de la boquilla ( $r_b$ ).

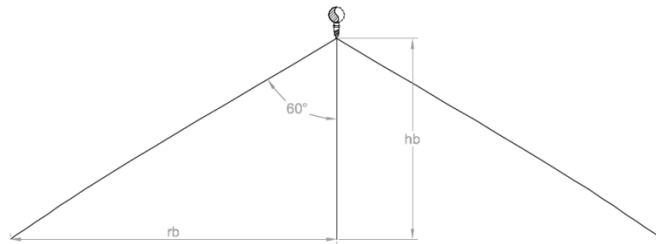


Figura 5.5.2.1 Angulo de aspersión de la boquilla. Fuente: Catalogo BETE, 2013.

Ángulo de aspersión de boquilla =  $150^\circ$ ,  $\alpha=75^\circ$

$$H_b = \frac{r_b}{\tan 75} \Rightarrow r_b = H_b * \tan 75$$

Dónde:

$r_b$  = Radio de boquilla.

$H_b$  = Distancia de la boquilla a la superficie del equipo.

### 5.5.2.3 Cálculo del área a cubrir por la boquilla ( $A_b$ ).

$$A_{boq} = \pi * r_b^2$$

### 5.5.2.4 Distancia entre boquillas ( $D_b$ ).

$$D_b = [2 - t] * [H_b * \tan \alpha]$$
$$D_b = [2 - t] * r_b$$

Dónde:

$D_b$  = distancia entre boquillas, [m].

$H_b$  = distancia de separación de la boquilla a la superficie del equipo, [m].

$\alpha$  =  $\frac{1}{2}$  del ángulo de aspersión.

$t$  = rango de traslape (15%-30%).

$r_b$  =  $H_b \tan \alpha$ .

### 5.5.2.5 Calcular el Número de boquillas por arreglo ( $N_{BA}$ ).

$$N_{BA} = L / D_b$$

Dónde:

$N_{BA}$  = número de boquillas de aspersión por arreglo.

$L$  = longitud de cada tramo recto de tubería que forma el anillo que protege al equipo.



**5.5.2.6 Cálculo del traslape de los patrones de aspersión en metros (T).**

$$T = t * rb$$

Dónde:

t = es el traslape de los patrones de aspersión en %.

**5.5.2.7 Cálculo de la distancia “S”.**

$$S = (N_{boq} - 1) * Db$$

Dónde:

S = La suma de los espacios entre boquillas en tramo recto.

**5.5.2.8 Cálculo de la distancia “N”.**

$$N = (L_T - S) / 2$$

Dónde:

N = La distancia entre el inicio de tramo recto y la primer boquilla.

**5.5.2.9 Cálculo de la distancia entre la pared del tanque y la boquilla.**

El cálculo de la distancia entre la pared del equipo y la boquilla dependerá del arreglo del equipo, de cada sistema de aspersión.

**5.5.2.10 Cálculo del Gasto Real por Arreglo de boquillas (Q<sub>R</sub>).**

$$Q_R = N_{BA} * Q_b$$

Dónde:

NBA = número de boquillas por arreglo.

Qb = flujo mínimo por boquilla (gpm).

**5.5.2.11 Cálculo de la Densidad de Aplicación Real (ρA<sub>real</sub>).**

$$\rho A_{real} = \frac{Q_{totalboquillas}}{A_{totalequip}} \geq 0.5 \text{ gpm} / \text{ft}^2$$

**5.5.2.12 Determinar el diámetro preliminar de la tubería.**

$$\phi = \sqrt{0.408 * \frac{Q_{total}}{v}}$$

Dónde:



$\emptyset$  = diámetro interno, [in].  
 $v$  = rango de velocidad del agua, [12-15 ft/s]  
 $Q$  = gasto requerido, [gpm]

Con los criterios de diseño de velocidad para agua y el gasto requerido total, se determina el diámetro para la tubería.

## 5.6 DESARROLLO DE LA MEMORIA DE CÁLCULO.

Siguiendo la Metodología de Cálculo descrita en el apartado 5.5 se procede a realizar el cálculo de la cantidad y tamaño de los elementos de descarga necesarios para proteger los equipos citados.

### 5.6.1 Cálculo del área de aplicación.

Los tanques asentadores funcionan como piletas contenedoras de líquidos combustibles, por lo que la superficie a proteger será el área del espejo del líquido almacenado, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$A = l \times a$$

Dónde:

$A$  = área de Aplicación ( $m^2$ ).

$l$  = largo del tanque (m) = 25m

$a$  = ancho del tanque (m) = 20m

$$A = 25 \times 20 = 500m^2$$

### 5.6.2 Cálculo del flujo mínimo requerido.

El gasto mínimo requerido de la solución agua-espuma para proteger cada uno de los equipos es:

$$Q = 5381.95 \text{ ft}^2 \times 0.2 \text{ gpm/ft}^2 = 1076.39 \text{ gpm.}$$

Del flujo mínimo requerido de agua-espuma, el 97% es agua contra incendio y el 3% es concentrado de espuma AFFF.

$$ACI = 1076.39 \text{ gpm} \times 0.97 = 1044.09 \text{ gpm}$$

$$AFFF = 1076.39 \text{ gpm} \times 0.03 = 32.29 \text{ gpm}$$



### 5.6.3 Cálculo de la cantidad de boquillas.

Para la determinación del número de boquillas requeridas se toma en cuenta el flujo mínimo requerido para proteger cada equipo y la capacidad de cada boquilla:

$$\text{No. Boquillas} = 1076.39 \text{ gpm.} / 121 \text{ gpm} = 8.90 \approx 9 \text{ boquillas.}$$

La cantidad de boquillas calculada se puede modificar según el arreglo que se proponga.

### 5.6.4 Cálculo del flujo efectivo y área de cobertura por boquilla.

Una vez que calculamos el Número de boquillas, lo multiplicamos por el gasto de boquillas para obtener el gasto total real.

$$Q_{\text{real}} = 9 \text{ boquillas} \times 121 \text{ gpm} = 1089 \text{ gpm}$$

Posteriormente obtenemos la densidad de aplicación real de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\rho_{\text{real}} = \frac{Q_{\text{real}}}{A}$$

Dónde:

$Q_{\text{real}}$  = Flujo total requerido (gpm)

$A$  = Área de aplicación (ft<sup>2</sup>)

$\rho_{\text{real}}$  = Densidad de aplicación real (gpm/ft<sup>2</sup>)

$$\rho_{\text{real}} = 1089 \text{ gpm} / 5381.95 \text{ ft}^2 = 0.2023 \text{ gpm/ft}^2$$

Una vez teniendo esos datos se calcula el Área de cobertura de cada boquilla dividiendo el gasto de cada boquilla entre la densidad real.

$$A_c = 121 \text{ gpm} / 0.20 \text{ gpm/ft}^2 = 598 \text{ft}^2$$

El radio de cobertura de la boquilla se obtiene con la siguiente ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{A_c}{\pi}}$$

Dónde:



r = Radio de cobertura de cada boquilla (ft)

A<sub>B</sub> = Área de cobertura por boquilla (ft<sup>2</sup>).

$$r = \sqrt{\frac{598 \text{ ft}^2}{\pi}} = 13.80 \text{ ft}$$

### 5.7 REPORTE DEL CÁLCULO DEL SISTEMA DE ESPUMA.

Debido a que los tanques asentadores tienen las mismas dimensiones solo se mostrará una secuencia de cálculos, los cuales aplican para los siguientes equipos:

#### 5.7.1 “Tabla de tanques asentadores a proteger.”

<b>TAG</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>TA-3011</b>	Tanque asentador de primera extracción
<b>TA-3012</b>	Tanque asentador de segunda extracción
<b>TA-3013</b>	Tanque asentador de despojamiento extracción
<b>TA-3031</b>	Tanque asentador de primera extracción
<b>TA-3032</b>	Tanque asentador de segunda extracción
<b>TA-3033</b>	Tanque asentador de despojamiento extracción
<b>TA-3021</b>	Tanque asentador de primera extracción
<b>TA-3022</b>	Tanque asentador de segunda extracción
<b>TA-3023</b>	Tanque asentador de despojamiento extracción
<b>TA-3041</b>	Tanque asentador de primera extracción
<b>TA-3042</b>	Tanque asentador de segunda extracción
<b>TA-3043</b>	Tanque asentador de despojamiento extracción



### 5.8 SECUENCIA DE CÁLCULO.

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO A PROTEGER		
TAG	UNIDADES	<b>TANQUE ASENTADOR</b>
LARGO	m	25
	ft	82
ANCHO	m	20
	ft	66
AREA A PROTEGER	m <sup>2</sup>	500
	ft <sup>2</sup>	5382
DENSIDAD DE APLICACIÓN	gpm/ft <sup>2</sup>	0.2
	lpm/m <sup>2</sup>	8.15
SOLUCIÓN REQUERIDA (AGUA-CONCENTRADO AFFF)	gpm	1076
	lpm	4075
CONCENTRACIÓN DE ESPUMA REQUERIDA (AL 3%)	gpm	32
	lpm	122
CARACTERISTICAS DE LA BOQUILLA		
MARCA / MODELO	-	BETE / TFXPW
ESPECTRO DE PULVERIZACIÓN	-	CONO LLENO
DIAMETRO DE LA BOQUILLA	in	1
ANGULO DE ASPERSION	°	150
FACTOR K	-	14
PRESION DE OPERACIÓN	psi	73



## CALCULOS

GASTO POR BOQUILLA	gpm	121
	lpm	458
NUMERO DE BOQUILLAS CALCULADAS	pza	8.90
CANTIDAD DE BOQUILLAS SELECCIONADAS	pza	9
GASTO TOTAL REQUERIDO	gpm	1089
	lpm	4122
DENSIDAD REAL	gpm/ft <sup>2</sup>	0.20
	lpm/m <sup>2</sup>	8.24
AREA DE COBERTURA POR BOQUILLA	m <sup>2</sup>	56
	ft <sup>2</sup>	598
RADIO DE COBERTURA POR BOQUILLA	m	4.21
	ft	13.80
DISTANCIA ENTRE BOQUILLAS CON TRASLAPE DEL 15%	m	7.78
	ft	25.52
DISTANCIA ENTRE LA BOQUILLA Y LA PILETA	m	1.13
	ft	3.70
NUMERO DE RAMALES	pza	2.57
	pza	3
SEPARACION ENTRE RAMALES	m	6.67
	ft	21.87
DISTANCIA DE LA PARED DE LA PILETA AL PRIMER RAMAL	m	3.33
	ft	10.94





NUMERO DE BOQUILLAS POR RAMAL	pza	3.00
CANTIDAD DE BOQUILLAS SELECCIONADAS POR RAMAL	pza	3
DISTANCIA ENTRE BOQUILLAS POR RAMAL	m	8.33
	ft	27.34
DISTANCIA DE LA PARED DE LA PILETA A LA PRIMER BOQUILLA	m	4.17
	ft	13.67
LONGITUD DEL TRASLAPE A LO ANCHO DE ACUERDO A LA DISTRIBUCION DE BOQUILLAS	m	1.76
LONGITUD DEL TRASLAPE A LO LARGO DE ACUERDO A LA DISTRIBUCION DE BOQUILLAS	m	0.09
TRASLAPE REAL A LO ANCHO	%	21
TRASLAPE REAL A LO LARGO	%	1

### 5.9 DISTRIBUCIÓN DE BOQUILLAS.

Las acotaciones del diagrama están en m.

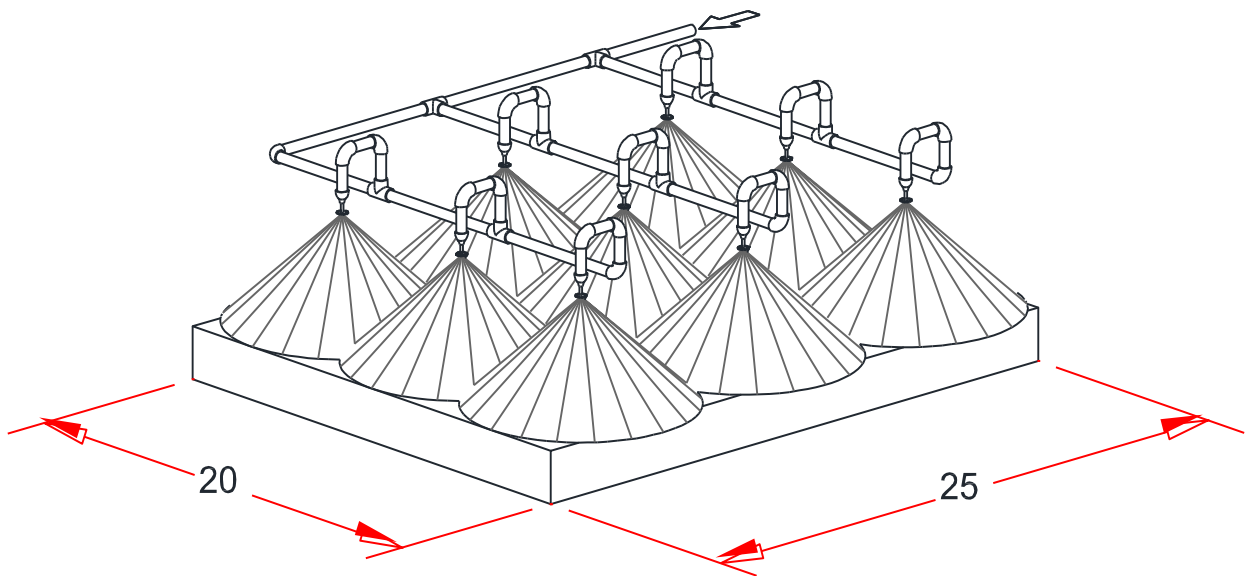


Figura 5.9.1 Arreglo de distribución de boquillas. Fuente Elaboración propia. 2014



# Tanques de Agua y Espuma



## 6 TANQUES DE AGUA Y ESPUMA.

### 6.1 ALCANCE.

El alcance de esta Memoria de Cálculo es definir la capacidad del Tanque de Agua contra incendio y del Tanque de Concentrado de Espuma AFFF, los cuales se requieren para cubrir la demanda de agua y espuma de la mina Calcosita en Salaverna, Municipio Mazapil, Zacatecas.

### 6.2 CRITERIOS DE DISEÑO.

El almacenamiento de agua contra incendio y concentrado de espuma AFFF, se debe determinar en función del requerimiento total de agua que demanda la protección de la instalación que representa el riesgo mayor, la cual de acuerdo a la Memoria de Calculo Diseño de la red contraincendio cálculo del riesgo mayor capítulo 3 es el área de Extracción por Solventes (Ver tabla No.6.2.1).

La capacidad de almacenamiento de agua para servicio contra incendio, debe ser suficiente para combatir ininterrumpidamente el incendio del riesgo mayor durante 2 horas, y el concentrado de espuma se calcula para 20 minutos de descarga ininterrumpida de acuerdo con Factory Mutual y NFPA.

#### 6.2.1 “Tabla de gasto requerido por riesgo mayor.”

Riesgo Mayor	Gasto del Sistema Aspersión (gpm)		Gasto de Monitores (gpm)		Gasto de Hidrantes (gpm)	Gasto de Hidrantes (gpm)		Gasto Total Requerido(gpm)	
	Agua	Espuma AFFF	Agua	Espuma AFFF	Agua	Agua	Espuma AFFF	Agua	Espuma AFFF
Extracción por Solventes	3169	98	N.A.	N.A.	500	N.A.	N.A.	3669	98

### 6.3 CALCULO DEL TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO.

#### 6.3.1. Calculo del volumen del Tanque.

De acuerdo con la tabla No. 6.2.1 el gasto total requerido de agua contra incendio de



3669 gpm, aplicando los criterios mencionados en el capítulo 3 obtenemos lo siguiente:

$$3669 \text{ gpm} \times 120 \text{ min} = 440280 \text{ gal}$$

$$440280 \text{ gal} = 1666.64 \text{ m}^3$$

### 6.3.2. Calculo de la Altura del Tanque.

Calculamos la altura del agua requerida ( $h_{AR}$ ) con la fórmula del volumen, suponiendo un diámetro de 14 m, por lo tanto:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 h$$

$$1666.64 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} \times 14^2 \times h$$

$$h_{AR} = 10.82 \text{ m}$$

Posteriormente se suman los niveles de agua del tanque de acuerdo a la figura 6.3.2.1:

$$h_T = h_{NM} + h_{BN} + h_{AR} + h_{AN} + h_M$$

Dónde:

$h_T$  = Altura Total (m)

$h_{NM}$ = Altura Nivel Minimo (m)

$h_{BN}$ = Altura Bajo nivel (m)

$h_{AR}$ = Altura Agua Requerida (m)

$h_{AN}$ = Altura Alto Nivel (m)

$h_M$  = Altura Nivel Muerto

$$h_T = 0.4 + 0.6 + 10.82 + 0.1 + 0.5 = 12.42 \text{ m}$$

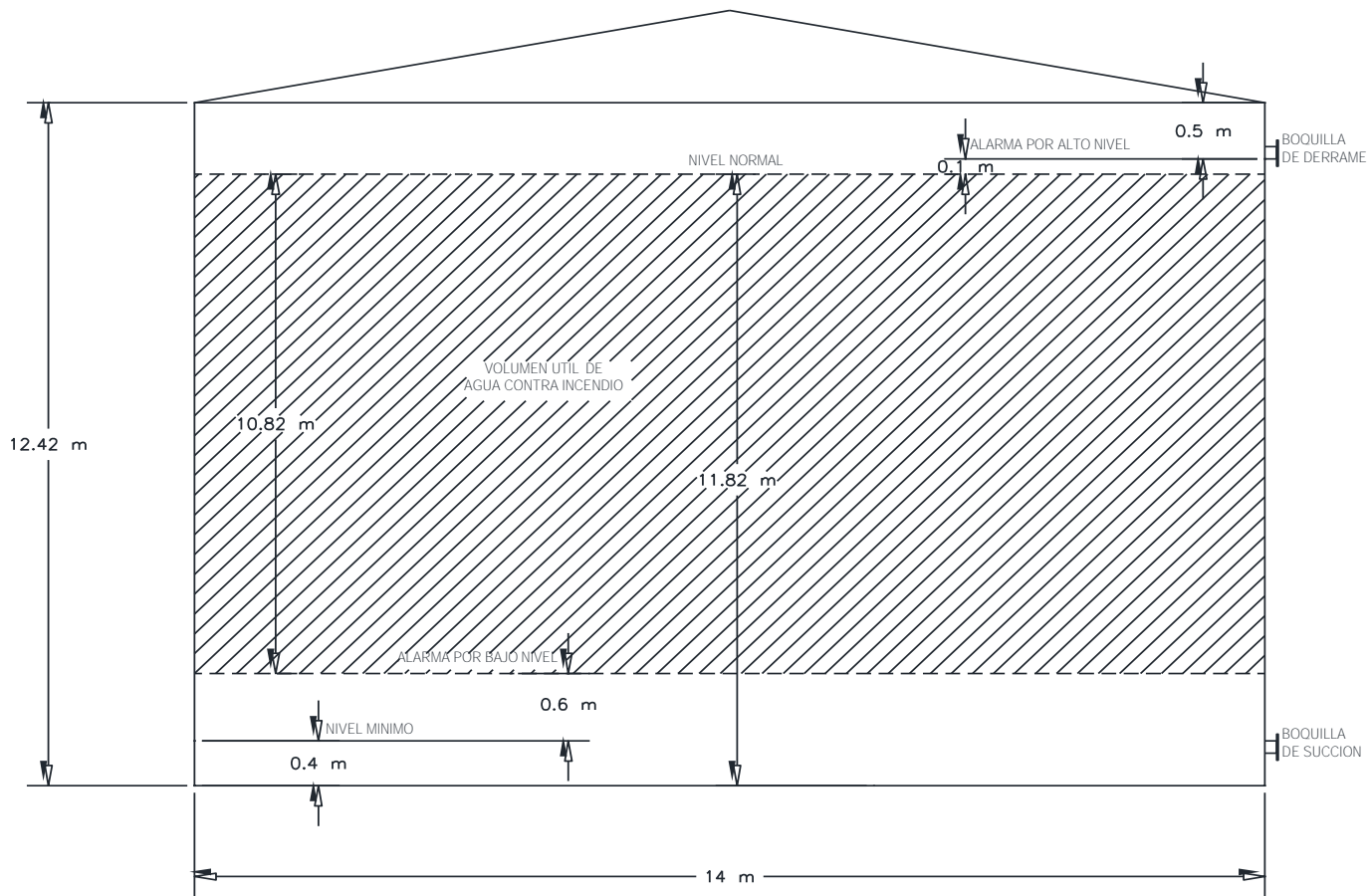


Figura 6.3.2.1 “Tanque de Agua Contra Incendio”. Fuente: Elaboración propia, 2015



### 6.3.3. Volumen Total de Agua.

$$V_{AGUA} = \frac{\pi}{4} \times 14^2 \times 11.92$$
$$V_{AGUA} = 1834.97 \text{ m}^3 = 484740 \text{ gal}$$

### 6.3.4. Volumen Total del Tanque.

$$V_{AGUA} = \frac{\pi}{4} \times 14^2 \times 12.42$$
$$V_{AGUA} = 1911.81 \text{ m}^3 = 505073 \text{ gal}$$

### 6.3.5. Selección del Tanque.

Con los resultados obtenidos se puede seleccionar el tanque de agua contra incendio con medidas estándar: Para este caso se eligió la marca Superior tank Company inc, en cuyo catálogo PRECISION ENGINEERED BOLTED STEEL STORAGE TANKS se puede escoger un tanque de acuerdo a la capacidad calculada.

Este tanque cumplen con las normas internacionales API 12B Para tanques atornillados de acero y con la AWWA D 103-97 Tanques de depósitos atornillados recubiertos en fabrica para almacenamiento de agua.

Para ver catálogo de tanques de agua consultar anexo A2.

#### 6.3.5.1 “Tabla de características de tanque de agua contraincendio.”

<b>Marca:</b>	<b>Superior Tank Company Inc.</b>
<b>Material:</b>	Acero al Carbón
<b>Diámetro:</b>	14.488 m
<b>Altura:</b>	12.255 m
<b>Capacidad:</b>	2020 m <sup>3</sup>



#### 6.4 CALCULO DEL TANQUE DE CONCENTRADO DE ESPUMA AFFF.

De acuerdo con la tabla No. 6.2.1 el gasto total requerido de espuma AFFF es de 98 gpm, aplicando los criterios mencionados en el capítulo 3 obtenemos lo siguiente:

$$98 \text{ gpm} \times 20 \text{ min} = 1960 \text{ gal}$$

$$1960 \text{ gal} = 7419.41 \text{ L}$$

El diseño del tanque Bladder es por proveedor por lo que seleccionamos un tanque con medidas estándar que cubra la capacidad requerida, para este caso se eligió al proveedor NF NATIONAL FOAM, en cuyo catálogo y de acuerdo a la capacidad calculada se escogió el tanque adecuado.

Este tanque está certificado y listados por Underwriters Laboratories Inc. (UL) y Factory Mutual (FM).

Para ver la ficha técnica NPR020 ver anexo A3

##### 6.4.1 “Tabla de tanque bladder de concentrado de espuma AFFF.”

<b>Marca:</b>	<b>National Foam</b>
<b>Material:</b>	Acero al Carbón
<b>Tipo:</b>	Membrana
<b>Posición</b>	Horizontal
<b>Díámetro “D”:</b>	1829 mm
<b>Longitud “L”:</b>	3640 mm
<b>Capacidad:</b>	2000 gal

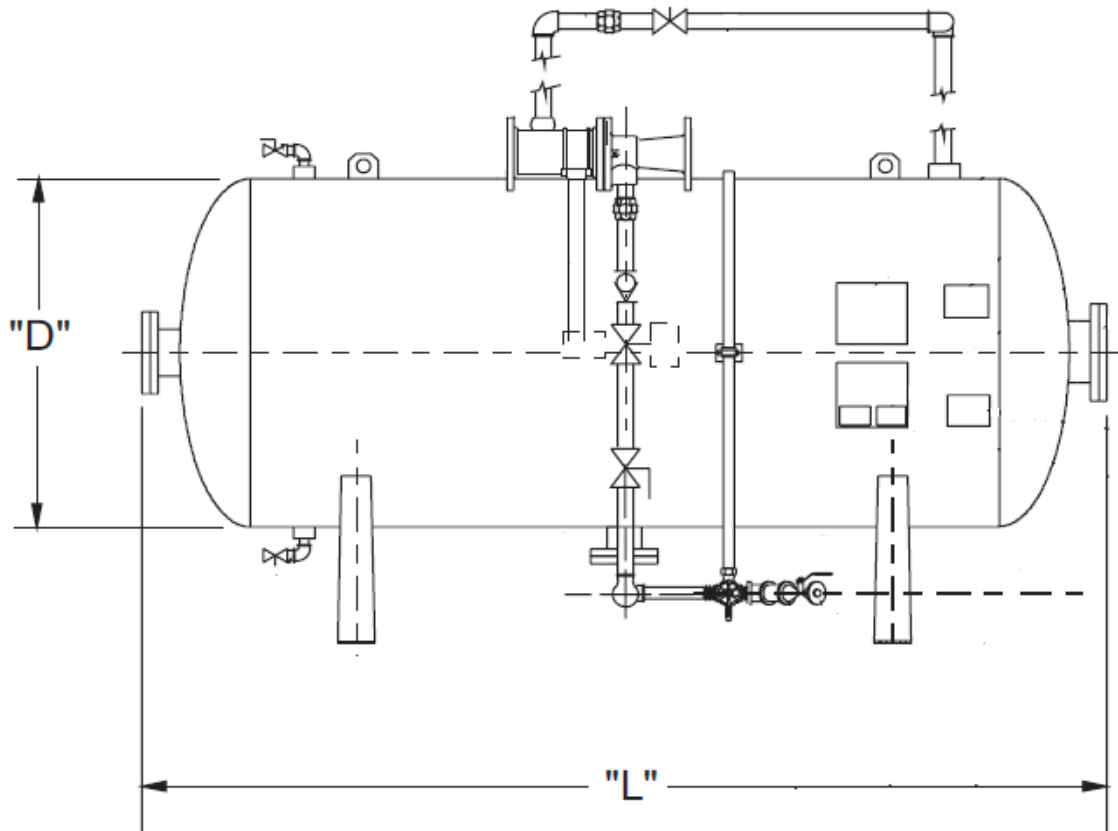


Figura 6.4.2 “Tanque de Concentrado de espuma AFFF”. Fuente: National Foam, ficha técnica NPR020, 2009





# Conclusiones



### 6.1 CONCLUSIONES.

Las conclusiones a las que se llega con este diseño de una red contraincendio a base de espuma AFFF para una mina de espuma son las siguientes:

El área de riesgo mayor de acuerdo al cálculo es el área de los tanques asentadores, con un gasto de 3132 gpm para cada 3 piletas.

La red general y anillos de distribución de agua-espuma contraincendio tendrán diámetros y características técnicas apropiadas para manejar el evento del riesgo mayor de demanda de agua-espuma. La red general tendrá un diámetro de 12" Ø y los anillos para los aspersores serán de 6" Ø y los ramales de 2"Ø.

Se contara con una bomba eléctrica y una bomba diésel de 3500 gpm cada una, y una bomba reforzadora jockey.

Cada pileta o tanque asentador, contara con 9 boquillas aspersoras de 121 gpm cada una, cada zona de riesgo considera 3 tanques asentadores, la mina cuenta con 12 tanques asentadores en total.

El tanque de agua contraincendio tendrá la capacidad de suministrar agua a la zona siniestrada por dos horas consecutivas y tendrá un volumen de 2020 M<sup>3</sup>.

El tanque de espuma tendrá también la capacidad de suministrar espuma AFFF por un periodo de 20 minutos, sin disminuir la concentración. Y contara con una capacidad de 2000 galones.

Además se contara con los siguientes equipos para abastecer de agua a las siguientes áreas:

- Área Extracción por Solventes: 6 hidrantes contraincendio y 2 carretes de manguera
- Área Tanques: 2 hidrantes, 2 monitores contraincendio, 1 hidrante con toma para camión y 2 carrete de manguera
- Área Electrodeposición: 4 hidrantes contraincendio y 4 carretes de manguera
- Área Reactivos químicos: 2 hidrantes, 3 monitores contraincendio y 2 carrete de manguera



# CONCLUSIONES

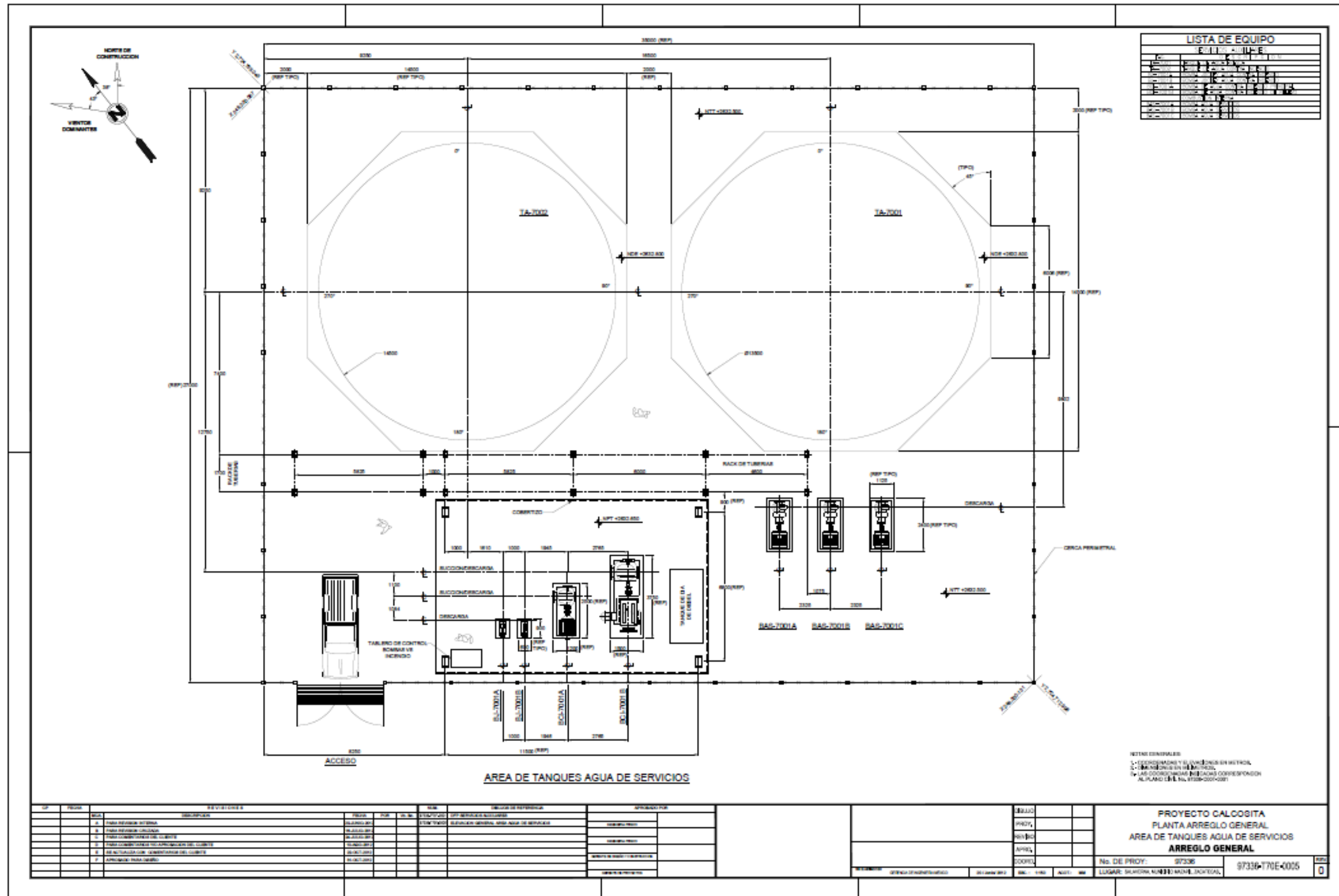


Figura 6.1.1 Plano de localizacion de equipo contraincendio. Fuente: Elaboración propia. 2014



# CONCLUSIONES

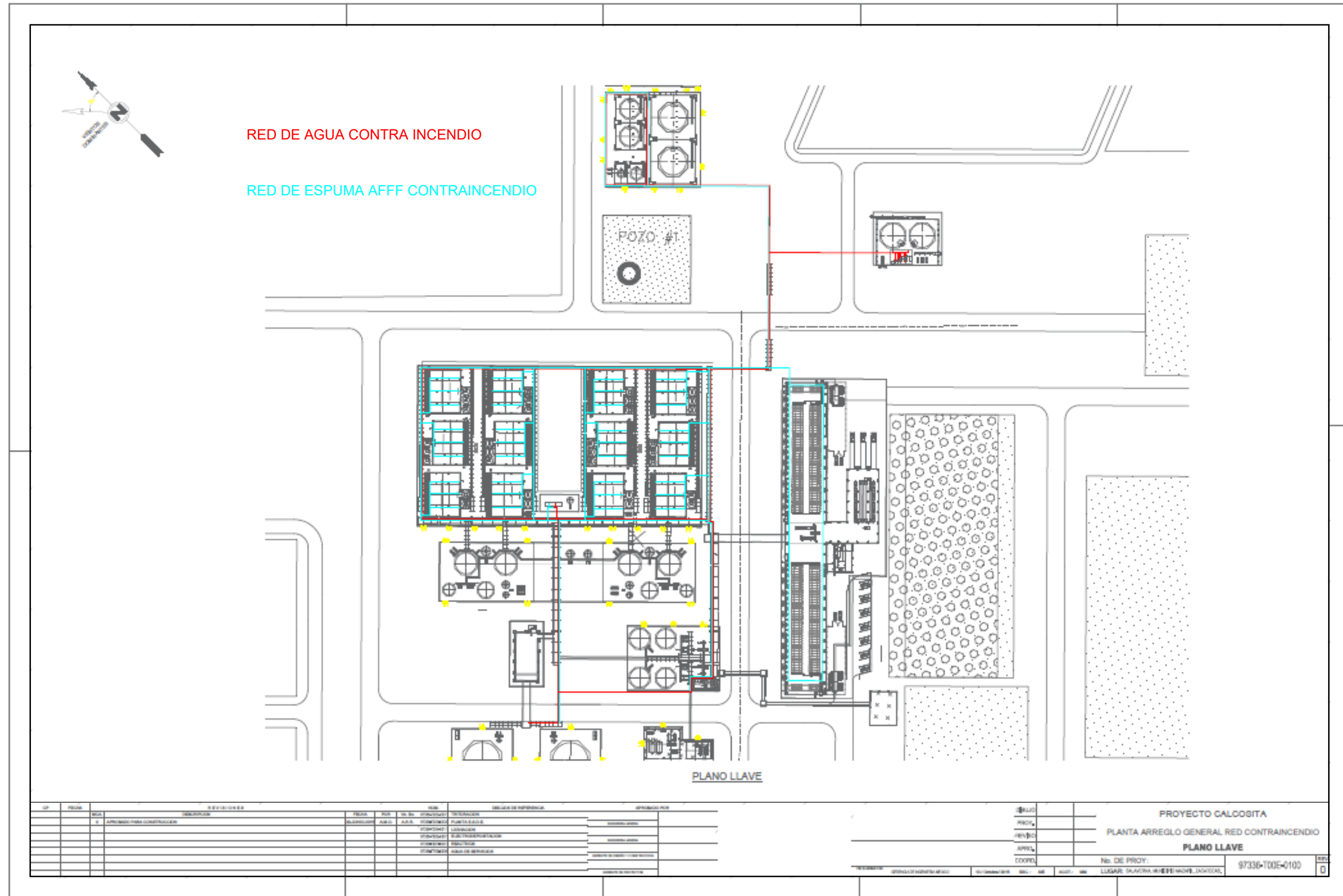


Figura 6.1.2 Plano de localización de equipo contraincendio. Fuente: Elaboración propia. 2014



# Anexos



## A.1 "TABLA DE PREVENCIÓN Y RIESGOS."

Tipos de Peligro / Exposición	Ácido Sulfúrico	Acorga M5640	Keroseno	Sulfato de cobalto	Guar	Diesel
<b>Incendio</b>						
<b>Peligros</b>	No combustible. Muchas reacciones Pueden producir incendio o explosión. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Generación de óxidos de carbono u óxidos de nitrógeno	Inflamable	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		Inflamable. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.
<b>Prevención</b>	NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con combustibles.	Eliminar fuentes de ignición	Evitar llama abierta, NO producir chispas y NO fumar, NO poner en contacto con superficies calientes			Evitar las llamas.
<b>Combate</b>	NO utilizar agua. En caso de incendio en el entorno: polvo, espuma, dióxido de carbono.	En caso de incendio usar CO <sub>2</sub> , espuma. Polvo químico seco, agua solo para enfriar los recipientes	En caso de incendio están permitidos todos los agentes extintores.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.	En caso de incendio usar CO <sub>2</sub> , neblina de agua, espuma. Polvo químico seco.	Agua pulverizada, espuma Resistente al alcohol, polvo químico seco, dióxido de carbono.
<b>Explosión</b>						
<b>Peligro</b>	Riesgo de incendio y explosión en contacto con bases, sustancias combustibles, oxidantes, agentes reductores o agua.		Las mezclas de vapor/aire son explosivas		Los polvos del producto podrían ser explosivos en mezcla con el aire	Por encima de 52°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.
<b>Prevención</b>			Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo mediante conexión a tierra) si se encuentra en estado sólido			Por encima de 52°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.
<b>Combate</b>	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua pero NO en contacto directo con agua.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones por pulverización con agua. Combatir el			En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.



## ANEXOS



			incendio desde un lugar protegido.			
<b>Derrame</b>						
<b>Prevención</b>	¡Evacuar la zona de peligro!		Evacuar la zona de peligro	Usar mascara de filtros		
<b>Combate</b>	NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.	Absorber el líquido derramado con un absorbente, usando equipo que no es chispeante, póngalo en un envase para la recolección de desechos químicos.	Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte.	Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, un área sin acceso a desagües o alcantarillas. Humedecer el polvo para evitar su dispersión. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.	Usando equipo a prueba de explosión, recoger el material derramado y envasar	Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro.
<b>Exposición</b>						
<b>Prevención</b>	¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!		EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO	EVITAR TODO CONTACTO		
<b>Inhalación</b>						
<b>Síntomas</b>	Corrosivo. Sensación de quemazón. Dolor de garganta. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Síntomas no inmediatos	Irrita las membranas mucosas	Confusión mental, vértigo, dolor de cabeza	Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta.	Podría ser dañino si se inhala en grandes cantidades o por periodos prolongados	Vértigo. Dolor de cabeza. Náuseas.
<b>Prevención</b>	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Ventilación	Ventilación	Extracción localizada o protección respiratoria.	Ventilación	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.
<b>Auxilio</b>	Aire limpio, reposo. Posición de Semi incorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.	Aire fresco	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y atención médica.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.	Mover hacia aire fresco	Aire limpio, reposo. Proporcionar Asistencia médica.
<b>Piel</b>						
<b>Síntomas</b>	Corrosivo.	Irritaciones	Puede	Enrojecimiento.		Piel seca.



ANEXOS



	Enrojecimiento. Dolor. Ampollas. Quemaduras cutáneas graves.	severas en la piel	Absorberse, piel seca, aspereza	Dolor.		Enrojecimiento.
<b>Prevención</b>	Guantes de protección. Traje de protección.	Guantes protectores, y ropa adecuada	Guantes protectores	Guantes protectores. Traje de protección.		Guantes protectores.
<b>Auxilio</b>	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.	Quitar la ropa contaminada, lávese y enjuague con agua abundante	Quitar las ropas contaminadas, y lavar la piel con agua y jabón.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.		Aclarar y lavar con agua y jabón.
<b>Ojos</b>						
<b>Síntomas</b>	Corrosivo. Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras profundas graves.	Irritación	Enrojecimiento	Enrojecimiento. Dolor	Irritación	Enrojecimiento. Dolor.
<b>Prevención</b>	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Gafas de protección	Gafas de protección	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria si se trata de polvo.	Gafas de protección	Gafas ajustadas de seguridad. o protección ocular combinada con la protección respiratoria.
<b>Auxilio</b>	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.	Lavar los ojos con bastante agua por lo menos durante 15 minutos.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.	Lavarse cuidadosamente después de la manipulación	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>						
<b>Síntomas</b>	Corrosivo. Dolor abdominal. Sensación de quemazón. Shock o colapso.	Irritación de boca, faringe, esófago y estomago	Dolor abdominal, diarrea, náuseas y vomito	Dolor abdominal. Náuseas. Vómitos.	Dañino si es tragado en grandes cantidades	
<b>Prevención</b>	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	No comer, beber ni fumar durante el trabajo	No comer, beber ni fumar durante el trabajo	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	No comer, beber ni fumar durante el trabajo	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.
<b>Auxilio</b>	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.	NO provocar el vómito, de a tomar uno o dos vasos de agua	NO provocar el vómito, reposo y someter a atención medica	Enjuagar la boca. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica.	Beber gran cantidad de leche y agua	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.





## A.2 "TABLA DE CATALOGO PARA SELECCIÓN DE TANQUE DE AGUA CONTRAINCENDIO."

### Tanques Atornillados de Acero

Capacidad				Dimensiones		Segmentos del tanque			Piso	Tapa	Peso	
Tamaño nominal (bbl)	Anillos por panel	Capacidad actual en 42gal(bbls)	Capacidad actual en galones	Diametro interno	Altura de la estructura	Paneles por anillo	USS GA.	Lineas por atornillado	Medida USS Acero	Medida USS Acero	Tanques de tapa Conica	Tanques sin tapa.
100	1	95.8	4023	9'2-3/4"	8' 0-1/2"	6	12	1	12	12	2,243	1,770
200	2	191.64	8049	9'2-3/4"	16' 1"	6	12	1	12	12	3,556	3,096
300	3	287.44	12072	9'2-3/4"	24' 1-1/2"	6	12	1	12	12	4,814	4,355
250	1	266.28	11184	15' 4-5/8"	8' 0-1/2"	10	12	1	12	12	4,719	3,402
H-500	2	532.56	22368	15' 4-5/8"	16' 1"	10	12	1	12	12	6,868	5,491
						10	12	1				
						10	12	1				
750	3	798.84	33,551	15' 4-5/8"	24' 1-1/2"	10	10	1	12	12	9,653	8,117
L-500	1	522.01	21,924	21' 6-1/2"	8' 0-1/2"	14	12	1	12	12	7,894	5,306
1000	2	1,044.02	43,849	21' 6-1/2"	16' 1"	14	12	1	12	12	10,891	8,227
						14	12	1				
						14	12	1				
1500	3	1,566.03	65,773	21' 6-1/2"	24' 1-1/2"	15	12	2	12	12	15,112	12,307
1000	1	993.53	41,728	29' 8-5/8"	8' 0-1/2"	20	12	2	12	12	14,140	8,820
2000	2	1,987.06	83,457	29' 8-5/8"	16' 1"	20	12	2	12	12	18,769	13,333
							12	2				
							12	2				
3000	3	2,980.59	125,185	29' 8-5/8"	24' 1-1/2"	20	10	2	12	12	24,425	18,903
							10	2				
							10	2				
5000	3	5,037.45	211,572	38' 7-5/8"	24' 1-1/2"	26	10	2	10	12	39,958	28,458
							10	2				
							10	2				
10000	3	10,218.49	429,177	54' 11-3/4"	24' 1-1/2"	37	3/16"	3	10	12	75,117	52,997

Capacidad				Dimensiones		Segmentos del tanque			Piso	Tapa	Peso	
Tamaño nominal (bbl)	Anillos por panel	Capacidad actual en 42gal(bbls)	Capacidad actual en galones	Diametro interno	Altura de la estructura	Paneles por anillo	USS GA.	Lineas por atornillado	Medida USS Acero	Medida USS Acero	Tanques de tapa Conica	Tanques sin tapa.
65	1	66.57	2,795	7' 8-5/16"	8' 0-1/2"	5	12	1	12	12	1,771	1,391
							12	1				
							12	1				
1,000	3	1,000.51	42,063	17' 2-1/2"	24' 1-1/2"	12	12	2	12	12	11,501	9,550
800	1	804.57	33,768	26' 8-15/16"	8' 0-1/2"	18	12	2	12	12	11,963	7,607
1,600	2	1,609.15	67,584	26' 8-15/16"	16' 1"	18	12	2	12	12	16,110	11,668
2,400	3	2,413.72	101,376	26' 8-15/16"	24' 1-1/2"	18	12	2	12	12	20,278	15,744
2,000	3	1,998.16	83,922	24' 9-5/8"	24' 1-1/2"	17	12	2	12	12	17,795	13,789
2,500	2	2,639.96	110,878	34' 2"	16' 1"	23	12	2	12	12	21,945	14,993
5,000	2	5,009.34	210,392	47' 6-3/8"	16' 1"	32	10	2	12	12	44,550	28,517
							10	2				
							10	2				
7,500	3	7,514.01	320,172	47' 6-3/8"	24' 1-1/2"	32	3/16"	3	12	12	55,750	39,717
							10	2				
							10	2				
12,000	3	11,798.55	501,718	59' 5"	24' 1-1/2"	40	3/16"	3	10	12	84,700	55,240
							10	2				
							3/16"	3				
14,000	3	14,415.40	605,446	65' 4-5/16"	24' 1-1/2"	44	1/4"	3	10	12	95,000	64,000
							10	2				
							3/16"	3				
18,000	3	17,928.08	750,805	72' 9-9/16"	24' 1-1/2"	49	1/4"	3	10	12	146,000	92,838

Dimensiones en pulgadas y pies



A.3 "TABLA DE CATALOGO PARA SELECCION DE TANQUE DE ESPUMA AFF.F."

TABLA DE DIMENSIONES Y CAPACIDADES

Capacidad gal (litros)	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	"F"	"G"	"H"	"J"	"K"	"L"	"M"	"P"	"Q"	Peso lb (kg)
50 (189)	20 (508)	7 (178)	7/8 (22)	20 (508)	3 (76)	9/16 (14)	22 (559)	41-1/2 (1054)	14 (356)	2 (51)	55-1/2 (1410)	2 (51)	4 (103)	16-1/2 (419)	360 (163)
100 (379)	24 (610)	9 (229)	7/8 (22)	24 (610)	3 (76)	9/16 (14)	24 (610)	45-1/2 (1054)	22 (559)	2 (51)	72 (1828)	2 (51)	4 (103)	18-1/2 (470)	651 (295)
150 (568)	30 (762)	11 (279)	1-1/8 (29)	30 (762)	4 (102)	9/16 (14)	27 (686)	51-1/2 (1308)	36 (914)	2 (51)	71 (1803)	2 (51)	4 (103)	21-1/2 (546)	940 (426)
200 (757)	30 (762)	11 (279)	1-1/8 (29)	30 (762)	4 (102)	9/16 (14)	27 (686)	51-1/2 (1308)	34 (864)	2 (51)	89 (2261)	2 (51)	4 (103)	21-1/2 (546)	1137 (516)
300 (1136)	34 (864)	13 (330)	1-1/8 (29)	36 (914)	4 (102)	9/16 (14)	30 (762)	57-1/2 (14610)	36 (914)	2 (51)	93 (2362)	2 (51)	4 (103)	24-1/2 (622)	1554 (705)
400 (1514)	40 (1016)	15 (381)	1-3/8 (35)	42 (1067)	5 (127)	11/16 (17)	33 (838)	63-1/2 (1613)	50 (1270)	2 (51)	93 (2362)	2 (51)	4 (103)	27-1/2 (699)	1870 (848)
500 (1893)	40 (1016)	15 (381)	1-3/8 (35)	42 (1067)	5 (127)	11/16 (17)	33 (838)	63-1/2 (1613)	48 (1219)	2 (51)	112 (2845)	3 (76)	4 (103)	27-1/2 (699)	2130 (966)
600 (2271)	40 (1016)	15 (381)	1-3/8 (35)	42 (1067)	5 (127)	11/16 (17)	33 (838)	63-1/2 (1613)	60 (1524)	3 (76)	131 (3327)	3 (76)	4 (103)	27-1/2 (699)	2237 (1015)
700 (2650)	44 (1118)	17 (432)	1-3/8 (35)	48 (1219)	5 (127)	11/16 (17)	40 (1016)	73-1/2 (1867)	50 (1270)	3 (76)	119 (3023)	3 (76)	8 (203)	30-1/2 (775)	2644 (1199)
800 (3028)	44 (1118)	17 (432)	1-3/8 (35)	48 (1219)	5 (127)	11/16 (17)	40 (1016)	73-1/2 (1867)	60 (1524)	3 (76)	134 (3404)	3 (76)	8 (203)	30-1/2 (775)	3298 (1496)
900 (3407)	44 (1118)	17 (432)	1-3/8 (35)	48 (1219)	5 (127)	11/16 (17)	40 (1016)	73-1/2 (1867)	70 (1778)	3 (76)	148 (3759)	3 (76)	8 (203)	30-1/2 (775)	3655 (1658)
1000 (3785)	44 (1118)	17 (432)	1-3/8 (35)	48 (1219)	5 (127)	11/16 (17)	40 (1016)	73-1/2 (1867)	94 (2388)	3 (76)	163 (4140)	3 (76)	8 (203)	30-1/2 (775)	3872 (1756)
1100 (4184)	44 (1118)	17 (432)	1-3/8 (35)	48 (1219)	5 (127)	11/16 (17)	40 (1016)	73-1/2 (1867)	100 (2540)	3 (76)	177 (4496)	3 (76)	8 (203)	30-1/2 (775)	4256 (1930)
1200 (4542)	54 (1372)	22 (559)	1-3/4 (44)	60 (1524)	6 (152)	11/16 (17)	46 (1168)	85-1/2 (2172)	58 (1473)	3 (76)	131 (3327)	3 (76)	8 (203)	36-1/2 (927)	4323 (1961)
1300 (4921)	54 (1372)	22 (559)	1-3/4 (44)	60 (1524)	6 (152)	11/16 (17)	46 (1168)	85-1/2 (2172)	60 (1524)	3 (76)	141 (3581)	3 (76)	8 (203)	36-1/2 (927)	4626 (2098)
1400 (5300)	54 (1372)	22 (559)	1-3/4 (44)	60 (1524)	6 (152)	11/16 (17)	46 (1168)	85-1/2 (2172)	76 (1930)	3 (76)	(151) (3835)	3 (76)	8 (203)	36-1/2 (927)	4913 (2228)
1500 (5678)	54 (1372)	22 (559)	1-3/4 (44)	60 (1524)	6 (152)	11/16 (17)	46 (1168)	85-1/2 (2172)	80 (2032)	3 (76)	159 (4039)	3 (76)	6 (152)	36-1/2 (927)	5294 (2401)
1600 (6057)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	44 (1118)	3 (76)	125 (3175)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	4891 (2128)
1700 (6435)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	50 (1270)	3 (76)	131 (3327)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	4873 (2210)
1800 (6814)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	56 (1422)	3 (76)	138 (3505)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	5054 (2292)
1900 (7192)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	60 (1524)	3 (76)	144 (3658)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	5279 (2395)
2000 (7571)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	70 (1778)	3 (76)	(151) (3835)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	5504 (2497)
2100 (7949)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	76 (1930)	3 (76)	157 (3988)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	5696 (3564)
2200 (8328)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	80 (2032)	3 (76)	164 (4166)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	5887 (2670)
2300 (8706)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	80 (2032)	3 (76)	170 (4318)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	6093 (2764)
2400 (9085)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	80 (2032)	3 (76)	177 (4496)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	6299 (2857)
2500 (9464)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	100 (2540)	3 (76)	183 (4648)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	6489 (2948)
2600 (9842)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	100 (2540)	3 (76)	189 (4801)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	6699 (3039)
2700 (10221)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	100 (2540)	3 (76)	196 (4978)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	6889 (3125)
2800 (10599)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	100 (2540)	3 (76)	202 (5131)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	7078 (3211)
2900 (10978)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	100 (2540)	3 (76)	209 (5309)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	7276 (3301)
3000 (11356)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	215 (5461)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	7478 (3392)
3100 (11735)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	222 (5639)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	7679 (3483)
3200 (12113)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	228 (5791)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	7880 (3574)
3300 (12492)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	234 (5944)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	8100 (3674)
3400 (12870)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	241 (6121)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	8300 (3765)
3500 (13249)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	247 (6274)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	8500 (3856)
3600 (13627)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	254 (6452)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	8700 (3946)
3700 (14006)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	260 (6604)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	8900 (4037)
3800 (14385)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	267 (6782)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	9100 (4128)
3900 (14763)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	273 (6934)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	9300 (4218)
4000 (15142)	64 (1626)	28 (711)	2-3/4 (70)	72 (1829)	8 (203)	1-1/16 (27)	50 (1270)	95-1/2 (2426)	120 (3048)	3 (76)	280 (7112)	3 (76)	6 (152)	42-1/2 (1080)	9500 (4309)

NOTA: Todas las dimensiones se expresan en pulgadas (milímetros)



## ANEXOS



Capacidad		Parte número sin indicador de mirilla	Parte número con indicador de mirilla	Peso al vacío		Envío aprox.	
gal	(litros)			lb	kg	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
50	189	1218-2124-6	1218-2127-6	360	163	20	0,57
100	379	1218-2122-1	1218-2125-1	651	295	31,9	0,9
150	568	1218-2122-2	1218-2125-2	940	426	44,5	1,26
200	757	1218-2122-3	1218-2125-3	1137	516	53,1	1,5
300	1136	1218-2122-4	1218-2125-4	1554	705	70,4	1,99
400	1514	1218-2122-5	1218-2125-5	1870	848	91,2	2,58
500	1893	1218-2122-6	1218-2125-6	2130	966	95,7	2,71
600	2271	1218-2122-7	1218-2125-7	2237	1015	104,6	2,96
700	2650	1218-2122-8	1218-2125-8	2644	1199	130,2	3,69
800	3028	1218-2122-9	1218-2125-9	3298	1496	136,3	3,86
900	3407	1218-2123-0	1218-2126-0	3655	1658	149,3	4,23
1000	3785	1218-2123-1	1218-2126-1	3872	1756	160,2	4,54
1100	4164	1218-2123-2	1218-2126-2	4256	1930	168,3	4,77
1200	4542	1218-2123-3	1218-2126-3	4323	1961	206,1	5,84
1300	4921	1218-2123-4	1218-2126-4	4626	2098	210,8	5,97
1400	5299	1218-2123-5	1218-2126-5	4913	2228	216,4	6,13
1500	5678	1218-2123-6	1218-2126-6	5294	2401	227,7	6,45
1600	6056	1218-2123-7	1218-2126-7	4691	2128	267,7	7,58
1700	6435	1218-2137-0	1218-2135-0	4873	2210	275,2	7,8
1800	6813	1218-2123-8	1218-2126-8	5054	2292	282,6	8
1900	7192	1218-2137-1	1218-2135-1	5279	2395	290,1	8,22
2000	7570	1218-2123-9	1218-2126-9	5504	2497	297,5	8,42
2100	7949	1218-2137-2	1218-2135-2	5696	2584	305	8,64
2200	8327	1218-2124-0	1218-2127-0	5887	2670	312,4	8,85
2300	8706	1218-2137-3	1218-2135-3	6093	2764	319,9	9,06
2400	9084	1218-2124-1	1218-2127-1	6299	2857	327,3	9,27
2500	9464	1218-2137-4	1218-2135-4	6499	2948	334,8	9,48
2600	9841	1218-2124-2	1218-2127-2	6699	3039	342,2	9,69
2700	10221	1218-2137-5	1218-2135-5	6889	3125	349,7	9,9
2800	10598	1218-2124-3	1218-2127-3	7078	3211	357,1	10,11
2900	10978	1218-2137-6	1218-2135-6	7278	3301	364,6	10,32
3000	11355	1218-2124-4	1218-2127-4	7478	3392	372	10,53
3100	11735	1218-2137-7	1218-2135-7	7679	3483	379,5	10,75
3200	12112	1218-2124-5	1218-2127-5	7880	3574	386,9	10,96
3300	12492	1218-2137-8	1218-2135-8	8100	3674	394,4	11,17
3400	12870	1218-2137-9	1218-2135-9	8300	3765	401,8	11,38
3500	13249	1218-2138-0	1218-2136-0	8500	3856	409,3	11,59
3600	13627	1218-2138-1	1218-2136-1	8700	3946	4167	11,8
3700	14006	1218-2138-2	1218-2136-2	8900	4037	424,2	12,01
3800	14385	1218-2138-3	1218-2136-3	9100	4128	431,6	12,22
3900	14763	1218-2138-4	1218-2136-4	9300	4218	439,1	12,43
4000	15142	1218-2138-5	1218-2136-5	9500	4309	446,5	12,64

Esta información es solo una guía general; es posible que sea necesario realizar cambios en cada instalación para adaptarse a los requisitos o las aplicaciones de cada caso. La empresa se reserva el derecho de modificar cualquier parte de esta información sin previo aviso. Se aplican los términos y condiciones de venta, que están disponibles a pedido del cliente.



# Bibliografía



## 7 BIBLIOGRAFÍA.

Para este trabajo se utilizaron normas nacionales e internacionales, así como libros especializados en el área de seguridad y contraincendio, que a continuación se mencionan:

- **Dennis P. Nolan.** Fire Fighting Pumping System at Industrial Facilities. 1998, EUA.
- **Robert M. Gagnon.** Design of Special Hazard and Fire Alarm System. 1998, EUA.
- **Robert M. Gagnon.** Design of Water-Based Fire Protection System. 1997, EUA.
- **CAMIMEX.** Guía de las Buenas Prácticas en Seguridad de Minas. 2006, México.
- **NFPA.** Fire Protection Handbook. 2003, EUA.
- **NIOSH.** Pocket Guide to Chemical Hazards. Department of Health and Human Services. 2007, EUA.
- **CYTEC.** Mining Chemicals Handbook. 2010, EUA.
- **NOM-002-STPS-2010.** Condiciones de Seguridad, Prevención, Protección y Combate de Incendios en los Centros de Trabajo
- **NOM-005-STPS-1998.** Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo para el Manejo, Transporte y Almacenamiento de Sustancias Químicas Peligrosas.
- **NOM-017-STPS-2008.** Equipo de Protección Personal - Selección, Uso y Manejo en los Centros de Trabajo.
- **NOM-023-STPS-2003.** Trabajos en Minas-Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- **NOM-116-STPS-2009.** Seguridad-Equipo de Protección Personal-Respiradores Purificadores de Aire de Presión Negativa Contra Partículas Nocivas-Especificaciones y Métodos de Prueba.
- **NFPA 11.** Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam, 2010.
- **NFPA 15.** Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection, 2012.
- **NFPA 16.** Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems, 2011.
- **NFPA 20.** Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection. 2003.
- **NFPA 22.** Standard for Water Tanks for Private Fire Protection, 2008.
- **NFPA 72.** National Fire Alarm Code, 2010.
- **NFPA 122.** Standard for Fire Prevention and Control in Metal/Nonmetal Mining and Metal Mineral Processing Facilities, 2010.
- **FM 4-12.** Foam-Water Sprinklers Systems, 2011.
- **FM 7-30N.** Solvent Extraction Plants, 2010.
- **FM 3-2.** Water tanks for fire protection, 2010.
- **API 12B.** Specification for Bolted Tanks for Storage of Production Liquids, 2014.
- **AWWA D103-97.** Factory-Coated Bolted Steel Tanks for Water Storage, 1998.