

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



### **AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA EN UNA PLANTA DE EXPLOSIVOS**

#### **INFORME DE SUFICIENCIA**

#### **PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**-IKUEDA JHONNY ORTIZ-FIGUEROA**

**PROMOCIÓN 2001-II**

**LIMA-PERÚ**

**2 013**

## ÍNDICE

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
<b>1.2 OBJETIVO</b>	<b>4</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>1.4 ALCANCE</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>5</b>
<b>DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO ANTES DE LA AMPLIACION</b>	<b>5</b>
<b>2.1 CAPACIDAD DE PRODUCCION ACTUAL</b>	<b>5</b>
<b>2.2 PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMULSIÓN</b>	<b>5</b>
<b>2.3 FACTORES QUE DETERMINARON LA AMPLIACION DE LA PLANTA.</b>	<b>6</b>

<b>CAPÍTULO III</b>	<b>7</b>
<b>PLANTA PROCESADORA DE EMULSION PARA</b>	
<b>EXPLOSIVOS</b>	<b>7</b>
<b>3.1 DEFINICIÓN</b>	<b>7</b>
<b>3.2 NORMAS</b>	<b>9</b>
<b>3.3 FORMAS DE PREPARACIÓN DE LAS EMULSIONES</b>	<b>14</b>
<b>3.3.1 <u>De manera continúa</u></b>	<b>14</b>
<b>3.3.2 <u>En lotes</u></b>	<b>15</b>
<b>3.4 TIPOS DE EMULSIONES EXPLOSIVAS</b>	<b>15</b>
<b>3.4.1 <u>Emulsiones sensibles encartuchadas en plástico</u></b>	<b>15</b>
<b>3.4.2 <u>Emulsiones a granel</u></b>	<b>16</b>
<b>3.5 FABRICACION DE LAS EMULSIONES EXPLOSIVAS</b>	<b>17</b>
<b>3.5.1 <u>Preparación de la solución oxidante</u></b>	<b>17</b>
<b>3.5.2 <u>Preparación de los combustibles</u></b>	<b>18</b>
<b>3.5.3 <u>Preparación de la pre-mezcla</u></b>	<b>18</b>
<b>3.5.4 <u>Envío al proceso</u></b>	<b>20</b>
 <b>CAPÍTULO IV</b>	 <b>23</b>
<b>DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE EXPLOSIVOS</b>	
<b>DE ACUERDOA LA NUEVA CAPACIDAD</b>	<b>23</b>
<b>4.1 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA</b>	<b>23</b>
<b>4.1.1 <u>Almacén de nitrato de amonio</u></b>	<b>23</b>
<b>4.1.2 <u>Zona de calderos</u></b>	<b>24</b>

4.1.3	<b>Laboratorio</b>	24
4.1.4	<b>Almacén de emulsificantes</b>	24
4.2	<b>ESPECIFICACIONES DEL MODULO DE EMULSIONES</b>	25
4.2.1	<b>Módulo de <u>preparación</u></b>	25
4.2.1.1	Tanque de solución oxidante	25
4.2.1.2	Tanque de aceite combustible	26
4.2.1.3	Tanque de premezcla	27
4.2.1.4	Bomba matriz	28
4.2.1.5	Sistema hidráulico	29
4.2.1.6	Sistema de aire comprimido	29
4.2.1.7	Sistema eléctrico	29
4.2.1.8	Tanque mezclador	30
4.2.1.9	Tolva de microesferas	31
4.2.1.10	Sistema de adición de microesferas	31
4.2.1.11	Bomba de descarga	31
4.3	<b>SELECCIÓN DE EQUIPOS</b>	32
4.3.1	<b><u>Tanque de petróleo</u></b>	33
4.3.2	<b><u>Tanque de aceite</u></b>	34
4.3.3	<b>Caldero</b>	35
4.3.4	<b>Sistema de tratamiento de <u>agua</u></b>	36
4.3.5	<b>Tolvas de emulsión</b>	38
4.3.6	<b><u>Equipos de laboratorio</u></b>	39
4.3.7	<b><u>Compresor de aire</u></b>	42

4.3.8	<b><u>Bombas de rebombeo</u></b>	42
4.3.9	<b><u>Sistema eléctrico</u></b>	43
<b>CAPÍTULO V</b>		<b>44</b>
<b>SEGURIDAD EN PLANTAS DE EMULSIONES</b>		<b>44</b>
<b>5.1</b>	<b>SEGURIDAD EN EL MANEJO DE LAS EMULSIONES</b>	<b>44</b>
5.1.1	<b><u>Peligro en las emulsiones explosivas</u></b>	<b>44</b>
5.1.2	<b><u>Características de las explosiones de emulsiones</u></b>	<b>45</b>
5.1.2.1	<b><u>Efectos del calor</u></b>	<b>47</b>
5.1.3	<b><u>Peligros de bombeo</u></b>	<b>48</b>
5.1.4	<b><u>Diseño de la fábrica</u></b>	<b>51</b>
5.1.5	<b><u>Manejo de insumos</u></b>	<b>53</b>
<b>5.2</b>	<b>CAPACITACIÓN DE LOS SUPERVISORES</b>	<b>55</b>
5.2.1	<b><u>Función del supervisor</u></b>	<b>55</b>
5.2.2	<b><u>Tareas y responsabilidades</u></b>	<b>56</b>
5.2.3	<b><u>Competencias sociales y profesionales</u></b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>		<b>59</b>
<b>SISTEMA DE CONTROL Y DE CALIDAD EN LOS EQUIPOS</b>		<b>59</b>
<b>6.1</b>	<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>	<b>59</b>
<b>6.2</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>59</b>
<b>6.3</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	<b>59</b>
<b>6.4</b>	<b>EQUIPOS Y MATERIALES</b>	<b>60</b>
<b>6.5</b>	<b>MÉTODOS Y RESULTADOS</b>	<b>61</b>

6.5.1	Prueba de <u>estanqueidad</u> en tuberías de <u>Vapor, condensado, solución oxidante.</u>	61
6.5.2	Prueba de <u>estanqueidad</u> en líneas hidráulicas	63
6.5.3	<u>Estanqueidad</u> de <u>tanques</u> del modulo	63
6.5.4	Pruebas en el sistema eléctrico	65
6.5.5	Prueba de <u>arranque</u> de <u>equipos</u>	67
6.5.6	<u>Arranque</u> de unidad hidráulica	69
6.5.7	Pruebas en el módulo de <u>producción</u>	70
 <b>CAPÍTULO VII</b>		<b>81</b>
<b>COSTO DE LA PLANTA</b>		<b>81</b>
 <b>CONCLUSIONES</b>		<b>83</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>88</b>
<b>PLANOS</b>		<b>89</b>

## **PRÓLOGO**

En el presente informe de ingeniería se da a conocer un criterio de construcción de una planta de emulsiones explosivas.

Con la construcción de dicha planta se esperó alcanzar el 100% del mercado en el rubro de emulsiones explosivas.

En el capítulo I, se presenta la introducción indicando los antecedentes, el objetivo, justificación y alcance.

En el capítulo II, se muestra los factores que determinaron la ampliación de la planta de emulsiones.

En el capítulo III, se describe detalladamente el proceso productivo de las emulsiones explosivas y las normas aplicables de seguridad en una planta de explosivos.

En el capítulo IV, se describe los criterios de cómo será la distribución de la planta y las especificaciones del módulo de emulsiones.

En el capítulo V, se describe los peligros que se dan en el manejo de las emulsiones explosivas y como prevenirlos.

En el capítulo VI, se detalla los sistemas de control y de calidad de los equipos teniendo en cuenta los protocolos de pruebas.

En capítulo VII, se describe la estructura de los costos de la planta donde se incluyen los costos de los materiales, equipos y mano de obra por la instalación.

El presente informe finaliza con las correspondientes conclusiones, recomendaciones, material bibliográfico y presentación de los planos.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

La planta donde se ubica la Fábrica Principal, está ubicada en las Pampas de Huarangal, kilómetro 38.5 de la Antigua Carretera Panamericana Sur, en el distrito de Lurín, provincia y región Lima, la cual inicio sus operaciones hace más de 50 años imponiéndose como líder productora de dinamitas, emulsiones encartuchadas, emulsiones a granel y accesorios de voladura.

Dentro de los servicios que brindamos a nuestros clientes son:

### **1.1 ANTECEDENTES**

Las emulsiones explosivas producidas por Exsa es en la actualidad una de las más usadas en el mercado nacional, debido a que es menos contaminante que los demás explosivos.

Las emulsiones encartuchadas y a granel dependiendo de la aplicación si es a tajo abierto o subterráneo brinda mayor seguridad y confiabilidad en el uso de estos explosivos.

Debido a la demanda de este producto la gerencia optó por duplicar su producción con la ampliación de una planta de emulsiones.

## **1.2 OBJETIVO**

Aumentar la capacidad productiva de la planta.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Siendo EXSA una empresa líder global de soluciones para la minería e infraestructura en base a productos y servicios de voladura, y al creciente desarrollo de la minería nos vemos en la necesidad aumentar nuestra capacidad instalada para abastecer todos los mercados de la minería y construcción.

De esta manera ofrecer productos y servicios de voladura con miras para asegurar soluciones, en el marco de una cultura de enfoque al cliente, innovación y seguridad.

## **1.4 ALCANCE**

El presente informe cubre los aspectos relativos a:

Dimensionamiento de una planta de explosivos de acuerdo a la nueva necesidad, en el cual se seleccionará el tipo de tuberías, tanques, estructuras, calderos sistemas de agua de red, sistemas de vapor , sistemas hidráulicos, motores eléctricos, sistemas de aire comprimido.

Todo lo concerniente que se debería tener en cuenta en una planta de explosivos para mantener su seguridad en el proceso.

## **CAPÍTULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO ANTES DE LA AMPLIACIÓN**

#### **2.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ACTUAL**

La producción anterior a la implementación de la ampliación era de 1350 TN al mes.

#### **2.2 PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMULSIÓN**

Nuestro proceso de fabricación consta de:

a.- **Preparación de la emulsión básica**

Se da a partir de una mezcla de dos líquidos denominados fases.

La primera fase contiene el comburente (solución de Nitrato de Amonio). La segunda fase contiene los combustibles y los agentes emulsificantes. La fase dispersa está formada por esferas y el combustible rodea completamente el comburente.

b.- **Refinado de la emulsión**

Aquí se reduce el tamaño de las esferas de la fase acuosa, desarrollando su estabilidad y homogeneidad, incrementando al mismo tiempo su sensibilidad,

al permitir una mayor superficie de contacto entre el combustible y el oxidante.

c.- Mezclado de productos sólidos con la emulsión

Se adicionan algunos ingredientes sólidos, como el aluminio, agentes reductores de densidad que pueden ser micro esferas de vidrio, etc.

d.- Encartuchado y embalaje.

Se obtiene el producto final para ser dispuestos en unos almacenes llamados polvorines para su venta.

### **2.3 FACTORES QUE DETERMINARON LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA**

a.- Aumento de la demanda

La capacidad instalada era insuficiente para abastecer a todas las mineras que estábamos atendiendo y a las nuevas con las que nos proyectábamos atender.

b.- Productos utilizados por el cliente.

Los productos que se requieren en la actualidad son principalmente las emulsiones: estas son las del tipo a granel y las encartuchadas.

c.- Tecnología del proceso.

La tecnología a usar es propia y está basada en la amplia experiencia de nuestros ingenieros, y esto debido a las constantes investigaciones que se realizan.

Se buscó como prioridad automatizar los procesos teniendo presente la seguridad en las operaciones.

## **CAPÍTULO III**

### **PLANTA PROCESADORA DE EMULSIÓN PARA EXPLOSIVOS**

#### **3.1 DEFINICIÓN**

La emulsión se define como una dispersión estable de dos fases líquidas inmiscibles entre sí, en la que una de ellas se dispersa en forma de pequeñas gotas en la otra, una de las fases en su mayoría es agua.

La formación de emulsiones con líquidos inmiscibles puros se requiere la presencia de un agente emulsificante y de una gran agitación mecánica.

Un agente emulsificante es un producto que se posiciona frecuentemente en la interface de los dos líquidos inmiscibles disminuyendo su tensión interfacial y permitiendo que se forme la emulsión cuando se da un grado adecuado de agitación.

Al producirse una emulsión siempre hay una fase continua en la que se distribuyen las gotas del otro líquido inmiscible, que constituye la fase dispersa.

Cuando la emulsión se ha formado, la repulsión electrostática contribuye a mantener separadas las gotas, lo que estabiliza la emulsión.

En la medida en que las gotas de la fase dispersa son más pequeñas, será mucho mayor la superficie de contacto entre los dos líquidos.

Una emulsión tiene viscosidad que está influenciada por la proporción de la fase dispersa, de la emulsión y por el tamaño de las gotas. En el momento que el volumen total de la fase dispersa aumenta y el tamaño de las gotas disminuye aumenta la viscosidad de la emulsión, variando entre la de un líquido poco viscoso y la de una grasa espesa.

Las emulsiones explosivas de agua en aceite se caracterizan por tener un contacto íntimo entre combustibles y oxidantes, lo que permite convertir el sistema en explosivo. Poseen una buena resistencia al agua, al quedar recubiertas las gotas de la solución oxidante por una capa de envolvente continua de la fase aceite que las impermeabiliza.

En los emulsificantes se debe lograr la proporción de aceite / emulsificante según las características que se deseen en la emulsión final y el tipo de emulsificante utilizado.

Al iniciar la explosión las gotas se vaporizan y debido a las altas temperaturas del mismo (alrededor de 1400 °C), el agua se convierte por su bajo punto de ebullición rápidamente en vapor; es decir, se producen micro explosiones de vapor. Lo anterior fractura el combustible, que se fraccionan en gotas muy pequeñas. A este proceso se le conoce con el nombre de atomización secundaria. Así se hace más eficiente el proceso de combustión, debido a que se obtienen gotas de tamaño más pequeño que las que se producen cuando se atomiza únicamente combustible. De esta forma se disminuye notablemente la cantidad de partículas que dejan de quemarse en el proceso de combustión. Asimismo, se espera que en pruebas de campo también se

obtengan menos depósitos en las zonas de transferencia de calor y se reduzcan las emisiones contaminantes de gases nitrosos a la atmósfera tales como los Nox.

### **3.2 NORMAS**

Nos basamos en lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 019-71/IN. El cual nos brinda un Reglamento de Control de Explosivos que consta de 11 capítulos, 83 artículos y 12 anexos y declárese en vigencia.

Autoridades que controlan explosivos:

*Art. 5.-* El estado controla la importación, fabricación, exportación, manipulación, almacenaje, adquisición, posesión, transporte, comercio, uso y destrucción de explosivos a través de los ministerios de Industria y Comercio del Interior, transportes y Comunicaciones, Servicios de Inteligencia Nacional y el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas dentro del Campo que les compete.

El Ministerio de Industria y Comercio, tiene a su cargo:

- a) La autorización de Constitución de la Empresa Industrial para la fabricación de explosivos y/o conexos.
- b) La autorización de Instalación y Construcción de la Planta Industrial.
- c) El control de las instalaciones.
- d) El control de la calidad de los productos.
- e) El control del cumplimiento de las normas de Seguridad e Higiene Industrial.
- f) La Inspección cuantas veces sea necesario.

El Ministerio del Interior tiene a su cargo:

- a) El otorgamiento de licencias para el funcionamiento de las plantas industriales.
- b) El otorgamiento de las “Guías de Tránsito” de explosivos en toda la República.
- c) El control del transporte de explosivos en sus diversos aspectos.
- d) El control de su posesión, utilización y empleo.
- e) La relación de empresas industriales, personas naturales o jurídicas revendedoras de explosivos.
- f) Inspección cuantas veces sea necesario.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones se encarga:

- a) La expedición de la autorización de transporte de explosivos.
- b) La Inspección de los medios de transporte.

El Comando conjunto de la Fuerza Armada, tiene a su cargo:

- a) El estudio del expediente y emisión de la opinión correspondiente.
- b) Las inspecciones desde el punto de vista de seguridad nacional.
- c) La aprobación conjunta con el Ministerio de Industria y Comercio del Reglamento de Seguridad de las Plantas Industriales.

El Servicio de Inteligencia Nacional, tendrá a su cargo:

- a) El estudio del expediente y emisión de la opinión correspondiente.
- b) La investigación que le corresponda realizar.

La ubicación, edificios e instalaciones de una planta industrial de explosivos no podrán ser alterados sin la autorización previa del Ministerio de Industria y Comercio de acuerdo a lo estipulado en el presente reglamento.

## **DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA FÁBRICAS**

Las plantas industriales de explosivos deberán estar situadas a distancias de seguridad de los edificios habitados, caminos, vías férreas y otras estructuras a fin de que, en caso de una explosión accidental, no ocasione daños personales o materiales.

Dicha distancia estará en función de la clase de explosivos y de la máxima cantidad almacenable acumulada dada por las tablas cantidad – distancia, para precaución de daños por explosión.

Las especificaciones técnicas de los locales de plantas industriales de explosivos serán los siguientes:

- a) Los linderos de plantas de los locales de plantas industriales cuya extensión sea menor de 50 000m<sup>2</sup> estarán determinados por un muro perimetral de cuando menos 2mts. De altura, coronado por un cerco de 3 hileras de alambre de púas de 20 cm de separación entre ellos y que forme un ángulo de 45 grados con la proyección del lado exterior de la pared.
- b) Los locales destinados al proceso de fabricación, manipulación y almacenaje de explosivos, serán de una sola planta, salvo que el proceso imponga otra disposición, debiendo contar con autorización expresa.
- c) Los locales estarán unidos por caminos pavimentados y debidamente señalizados.
- d) Los materiales de construcción serán preferentemente de fácil fragmentación de modo que en caso de explosión se desintegren en partículas que no

presenten riesgos de daños personales o materiales. Cuando sea necesario el uso de madera, ésta deberá recibir tratamiento ignífugo.

- e) Las paredes de los locales donde se fabrique y/o almacenen los explosivos tendrán superficie lisa y lavable, serán pintadas en colores claros y con pinturas de características antiestáticas.
- f) Los techos tendrán las siguientes características:
  - 1) Ligeros y de fácil fragmentación que en caso de explosión se desintegren en partículas deleznales que no constituyan peligro de daños personales o materiales.
  - 2) Serán construidos de material incombustible.
  - 3) Altura mínima de 3 metros contada desde el nivel del piso del local.
- g) Los pisos serán de cemento enlucido; sin rajaduras ni juntas; impermeables, no absorbentes; fáciles de limpiar y/o lavar.  
  
Cuando la clase de explosivos a fabricar lo requiera se exigirá que los pisos estén recubiertos por materiales anti-fricción y antiestáticos.
- h) Las puertas serán amplias, de material incombustible o con tratamiento ignífugo de apertura hacia afuera (se usarán dos puertas por edificio solamente si el proceso de fabricación lo exige).
- i) Las ventanas serán de dimensiones tales que aseguren buena ventilación e iluminación del local y tendrán hojas de apertura hacia afuera y sin vidrios, pudiendo emplearse en su reemplazo plástico transparente adecuado.
- j) La planta industrial tendrá una adecuada instalación de abastecimiento de agua que asegure la abundante disposición de este elemento en cualquier momento.

- k) Todo local contará con un sistema de desagüe que permita la evacuación de las aguas residuales.
- l) Los locales contarán con una correcta iluminación y las instalaciones eléctricas estarán preferentemente a la vista, no empotradas a prueba de explosión y puestas efectivamente a tierra, las líneas en tuberías de fierro selladas; en ningún caso deberán emplearse lámparas fluorescentes.
- Los interruptores y fusibles se encontrarán en la parte exterior del local.
- En cada local de la planta industrial existirán carteles visibles que especifiquen:
- Operaciones a que está destinado.
  - Cantidad máxima permisible de almacenamiento de materiales.
  - Número máximo permisible de personas a ingresar y/o permanecer en él.

#### Determinación de las distancias mínimas de seguridad

Para determinar la distancia mínima de seguridad usaremos la siguiente fórmula.

$$D = K^3 \bar{P}$$

Donde:

D: Distancia mínima de seguridad

K: Constante

P: Peso en Kg.

El valor de la constante K es función de los riesgos y de los objetos a protegerse.

Así tenemos:

	<u>Valor de K</u>
• Locales de riesgo barricados	1.25
• Polvorín barricado y carretera	4.0
• Polvorín barricado y edificios habitados	8.0
• Polvorín barricado y líneas férreas	6.0
• Polvorín barricado y oficinas, laboratorios	3.0
Y lugares de descanso dentro de la planta	
Industrial	
• Local de riesgo, barricado y edificios habitados (Local de producción)	24.0
• Local de riesgo barricado y carretera	15.0

### **3.3 FORMAS DE PREPARACIÓN DE LAS EMULSIONES**

Se tienen dos formas para preparar las emulsiones explosivas:

#### **3.3.1 De manera continua**

La emulsión se prepara mediante el bombeo de agua y aceite a través de un sistema de tuberías en las que se le inserta un mezclador estático el cual se encarga de hacer la mezcla de emulsión. A dicha mezcla se pueden adicionar algunos ingredientes sólidos, como aluminio, agentes reductores de densidad que pueden ser micro esferas de vidrio, etc., para darle al producto propiedades especiales, sin que cambie la consistencia gelatinosa del producto final, para posteriormente ser encartuchadas y embaladas para su venta.

### **3.3.2 En lotes**

La emulsión que se produce en el módulo de preparación no está sensibilizada, y es bombeada a unos tanques de 75 TN de capacidad para su almacenamiento, posteriormente este producto será transportado a través de un cisterna para su consumo.

## **3.4 TIPOS DE EMULSIONES EXPLOSIVAS**

Las emulsiones explosivas son de dos tipos:

### **3.4.1 Emulsiones sensibles, encartuchadas en plástico.**

Las emulsiones sensibles son las que durante su preparación se les provee de un agregado que incorpore una mayor cantidad de oxígeno para que esta sea sensibilizada en la mina la cual se conecta a un tipo de fulminante.

Las emulsiones encartuchadas tienen excelente resistencia al agua, lo que permite su aplicación en taladros<sup>1</sup> incluso totalmente inundados. Poseen alta velocidad y presión de detonación, lo que les proporciona un elevado nivel de energía para uso en túneles y minería subterránea, tanto en galerías, desarrollos, rampas, así como en *tajeo*<sup>2</sup> de producción. También, se usan en voladuras de superficie para obras viales, canteras, obras civiles, etc.

---

<sup>1</sup> Taladro: Es el agujero perforado en el que se deposita el explosivo, en las minas se encuentran taladros secos y taladros húmedos, que son los que tienen agua.

<sup>2</sup>Tajeo: Labor subterránea que involucra la extracción del mineral

### **3.4.2 Emulsiones a granel**

Las cuales pueden ser sensibles o insensibles a un detonador.

Las emulsiones a granel comúnmente se utilizan en las minas de tajo abierto.

Las empresas mineras tienen una gran demanda de este producto lo que se les abastece en camiones cisterna.

Esta es una emulsión oxidante inerte no detonable para efectos de transporte, hasta ser sensibilizada en el lugar de aplicación para formar un agente de voladura: como Anfo Pesado, al mezclarse con Anfo, o como emulsión normal de alto nivel de energía al añadirle un elemento sensibilizador. Los productos así obtenidos pueden ser iniciados por un Primer<sup>3</sup> o detonador inicial de tamaño y peso adecuados, según su diámetro y profundidad del taladro perforado y cantidad de emulsión colocada en dicho taladro.

En nuestra planta la producción es continua y tiene una capacidad de hasta 125 kg./mim. Es operada por una persona y dos auxiliares que se encargan de abastecer la materia prima necesaria para la producción.

---

<sup>3</sup> Primer: También llamado Booster; estos son iniciadores de las voladuras primarias y son sensibles a detonadores pequeños como el N°6 y al cordón detonante

### **3.5 FABRICACIÓN DE LAS EMULSIONES EXPLOSIVAS**

La emulsión es una mezcla de agua en aceite, el presente trabajo trata de una planta de emulsiones y de producción continua con capacidad proyectada para 3150tn, trabajando a un flujo de 125 kg/min.

En la figura N°1 mostramos un diagrama de bloques y en la figura N°2 un esquema simplificado del proceso de producción.

Como puede apreciarse el proceso se inicia con la preparación de los productos semi-elaborados, que son la solución oxidante y el combustible, luego estos han de mezclarse en un tanque llamado Premix que tiene un dispositivo de agitación mecánica, esta es una pre-mezcla dentro del proceso continuo que luego por medio de una bomba es impulsada a través de unos agitadores estáticos, que cuentan con un diseño especial para garantizar que el tamaño de las partículas se reduzcan tanto como sea posible, el producto sale caliente (  $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$  ) y luego pasa por un enfriador (  $T = 40^{\circ}\text{C}$  ) y finalmente es bombeado hacia unas tolvas de almacenamiento.

#### **3.5.1 Preparación de la solución oxidante**

Este proceso se da inicio con la disolución del nitrato de amonio en uno de los dos tanques, los cuales tienen un agitador y un serpentín por donde circula vapor a una temperatura de 115 grados celcius. Uno de los tanques se encuentra en preparación y el segundo tanque se encuentra en proceso, cumpliendo su ciclo de bombeo hacia el tanque de pre-mezcla, este proceso se hace en forma continua durante toda la jornada de trabajo. El Nitrato de Amonio se va agregando poco a poco, para que este se vaya disolviendo con

ayuda de un agitador y un serpentín por el cual ingresa vapor para mantener la temperatura de trabajo.

### **3.5.2 Preparación de los combustibles**

Los aceites combustibles se preparan en 2 tanques de 10,000 gl.

Cuando el combustible ha sido analizado, es bombeado al tanque de proceso del módulo de preparación, dicho tanque se calienta por intermedio de un serpentín donde fluye agua caliente hasta que alcance la temperatura de trabajo de 41°C.

La mezcla de aceite en los dos tanques combustible se hace mediante agitación, proporcionada por aire comprimido a través de un tubo con agujeros similar a una quena horizontal y que se encuentra en la parte inferior del tanque.

### **3.5.3 Preparación de la pre-mezcla**

Una vez que todas las Materias elaboradas se encuentran listas dentro de los tanques del módulo de preparación, son bombeadas con una dosificación de acuerdo al tipo de producto que se va a producir. La solución oxidante y la mezcla de aceite combustible pasan a través de medidores de flujo, los cuales tienen como máximo de  $\pm 1\%$  de error. Ambos fluidos se mezclan en el tanque de pre-mezcla(premix).

La solución oxidante y el combustible ingresan en forma continua y a razón de 125 kg/min. En la parte baja de este tanque se encuentra una bomba de tornillo la cual desaloja los 125 kg./min que están ingresando en forma continua; luego pasa a través de un mezclador estático el cual le proporciona

la viscosidad apropiada. En este tramo se regula la viscosidad, regulando la cantidad de mezcladores estáticos y la contrapresión en la salida de la bomba. Luego, el producto pasa a un mezclador de paletas al cual lo llamamos Blender, en este mezclador se le agrega micro esferas de vidrio y/o aluminio granulado en polvo, según sea el tipo de producto a producirse en ese momento.

Después de la mezcla, se toma una muestra para verificar la calidad de acuerdo a los patrones establecidos.

Lo que se controla básicamente son la viscosidad y la temperatura.

Las unidades de *mezcladores estáticos*<sup>4</sup> son elementos fijos colocados dentro de un tramo de tubería. Estos están diseñados para resolver gran variedad de problemas de mezclado. La sofisticación de los mezcladores estáticos va creciendo con la complejidad de las aplicaciones. En la Actualidad hay una gran variedad de diseños para escoger de acuerdo a la necesidad de cada empresa.

Estas unidades colocadas en un tramo de tubería son piezas sin movimiento que generan la mezcla, utilizando la energía del fluido en movimiento, creando una serie de divisiones y recombinaciones dentro del mezclador. La mezcla continua dentro de los canales de fluido a través de una determinada longitud del mezclador da como resultado un producto homogéneo al final del mezclador, éste también tiene un sistema de enfriamiento interno el cual usa como refrigerante al agua de red.

---

<sup>4</sup> Mezclador estático.- Elementos de acero inoxidable con laberintos por donde circula el flujo a mezclarse.

#### **3.5.4 Envío Al Proceso**

Luego de controlar la viscosidad y temperatura, el producto ingresa a un intercambiador de calor, para enfriar la emulsión la cual sale del proceso para almacenarlo en los silos o para ser encartuchados.

## DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA FABRICACIÓN DE EMULSIONES

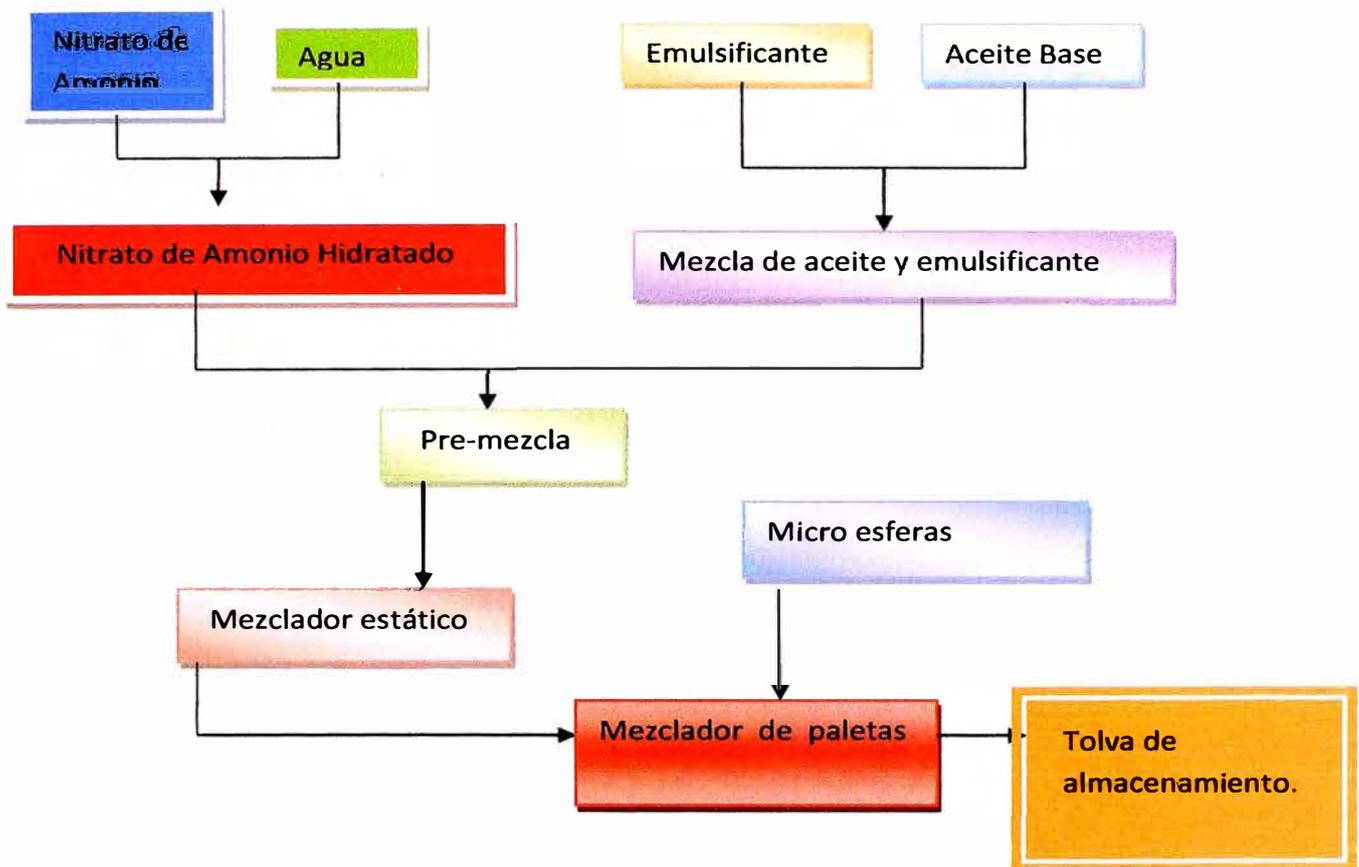
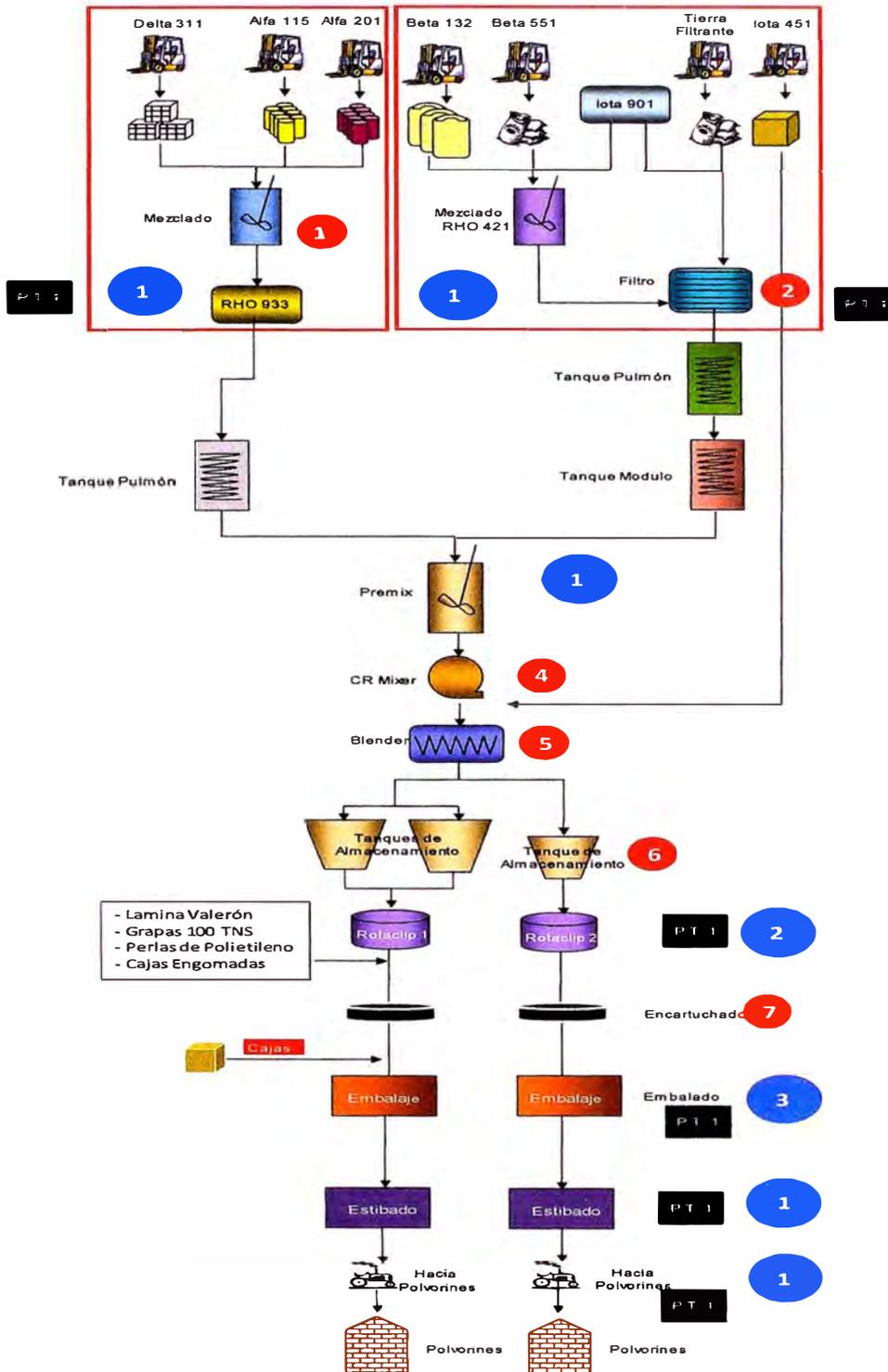


FIGURA 1

DIAGRAMA PARA LA FABRICACION DE EMULSIONES  
FABRICACION DE EXAGEL E



● Sistema de seguridad. ● Número de operarios P.T. Puesto de trabajo.

FIGURA 2

## **CAPÍTULO IV**

### **DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE EXPLOSIVOS DE ACUERDO A LA NUEVA CAPACIDAD**

#### **4.1 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA**

La planta se construyó teniendo presente una distribución que brinde la seguridad y facilidad del transporte de sus materias primas en un tiempo reducido hacia el módulo de producción.

También se tuvo presente que las zonas de calderos debería de estar cerca del módulo para evitar pérdidas de energía debido a los tramos largos de las tuberías, bajo estas premisas se realizó la distribución de la planta y así tenemos:

##### **4.1.1 Almacén de nitrato de amonio**

Para calcular el área necesaria se considero el Nitrato de amonio que viene en bolsones de 1t cada uno. Para el almacenaje de los nitratos disponemos de un área de 3000 m<sup>2</sup> para un almacenaje de 2600 TN los cuales se almacenan en dos niveles.

#### **4.1.2 Zona de Calderos**

El lugar donde se ubicaron los calderos fue tal que se instalaron lo más cerca al módulo de preparación de emulsión y de esta manera poder ahorrar energía

#### **4.1.3 Laboratorio**

El ambiente de laboratorio se diseñó junto al módulo del proceso de fabricación ya que se tiene que tomar muestras de manera continua durante el proceso, de esta manera cumplimos con el sistema de control de calidad dispuesto por nuestra gerencia. También cuenta con instalaciones de agua para la limpieza de los equipos. Así mismo se consideró que debe contar con tomacorrientes que dispongan de tensión estabilizada para poder energizar los diversos equipos de laboratorio.

#### **4.1.4 Almacén de Emulsificante**

Considerando que los emulsificantes son un producto importado que requiere de 5 meses para su reposición y que este viene normalmente en cilindros de 55 galones cada uno, se requiere contar con un stock de al menos 350 cilindros lo que representa un área de almacenamiento de 50 m<sup>2</sup>

## 4.2 ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO DE EMULSIONES

### 4.2.1 Módulo de Preparación

Aquí detallaremos las partes del módulo de preparación:

#### 4.2.1.1 Tanque de Solución Oxidante

En este tanque disponemos de losiguiente:

- Tanque de acero inoxidable AISI - 304, con una capacidad de 4000kg.
- Sus dimensiones son: Ø= 1850mm, L= 2650 mm y un cono de 200 mm. El tanque va en posición vertical.
- Serpentin de calentamiento: Doble espira con tubo inoxidable AISI – 304 de 1 ½ “ SCH 40.
- Brida de conexión de 2 pulg. ANSI, para alimentación de la solución de nitrato de amonio.
- Filtro doble de 2” de acero inoxidable con canastilla de malla intercambiable. La conexión se da en paralelo debido a que si uno falla el otro puede trabajar hasta reponer la que se deterioró.
- Bomba para solución de nitrato de amonio, tipo lóbulos cuyo material es de acero inoxidable y con velocidad variable. Con válvula de alivio de presión regulable, todo lo cual se encuentra dentro del cuerpo de la bomba.

- Válvula de 3 vías *full port*<sup>5</sup> de bola cuyo diámetro es de 3" operada manualmente, para sacar muestra en una posición y tener en proceso en la otra posición.
- Válvula de 3 vías *full port* de bola operada manualmente, para poner en proceso una posición y poner en reciclado en la otra posición.
- Una línea de soplado de aire en la bomba de descarga.
- Un medidor de flujo tipo turbina, de 1 pulg. De diámetro con escala y pantalla de lectura digital para medir el ratio<sup>6</sup> de solución de nitrato de amonio.
- Un totalizador de medición de flujo para la línea de solución de nitrato de amonio.
- Manómetro de 150 psi para la solución de nitrato de amonio.
- Termómetro de dial de 4 pulg. De 0 – 150 °C

#### 4.2.1.2 Tanque De Aceite Combustible

- Brida de conexión de 1 pulg. ANSI, para alimentación del aceite combustible.
- Un filtro de 1 pulg. De acero inoxidable en la succión de la bomba. Con canastilla de malla de alambre intercambiable.
- Una bomba de engranaje con válvula de alivio interno regulable.

---

<sup>5</sup> Las válvulas full port tienen el diámetro de paso de la bola interior igual al especificado por el diámetro de la tubería.

Las válvulas standart o simple port tienen un diámetro de paso de la bola algo más pequeño que el especificado por el diámetro de la tubería.

<sup>6</sup> Ratio = %, relación entre dos cantidades, relación de nivel de producción en kilos, litros u otras unidades.

- Tubería para aceite combustible de Ø 1" Con bridas, material acero inoxidable SCH 40.
- Válvula operada manualmente de 3 vías, full port de bola, para muestra y proceso.
- Válvula operada manualmente de 3 vías, full port de bola, para proceso y reciclado.
- Manómetro de presión de 300 psi.
- Termómetro de dial de 4 pulg. De 0 – 120 °C

#### 4.2.1.3 Tanque De Premezcla

- Tanque de 45 galones de acero inoxidable con chaqueta de calentamiento en el fondo.
- Agitador con velocidad variable.
- Válvula de salida de 3 pulg. De operación manual.
- Termómetro de 0 a 160 °C
- Tubería de entrada de 1 ½ pulg., ingreso por la parte de arriba y termina la alimentación en la parte alta del agitador para tener un mejor control de las salpicaduras.
- Línea de recirculación que retorna al tanque después del mezclador estático y de la válvula de muestreo.
- Tacómetro con escala digital de velocidad del agitador.
- Salida de 4 pulg. Para conexión a la bomba de descarga (bomba matriz).

- Tubería de rebose de 1.5 pulg.

#### 4.2.1.4 Bomba Matriz

- Bomba de cavidad progresiva.
- Agitadores estáticos.
- Sistema de protección de bombeo:
  - Falta de flujo de producto.
  - Baja presión del producto.
  - Alta presión del producto
  - Temperatura de operación alta
- Brida para succión de la bomba 4 pulg.
- Brida de 4 pulg. Para la descarga de la bomba.
- Disco de ruptura en la salida de la bomba de 150PSI
- Válvula de 3 vías de muestreo de bola de acero inoxidable.
- Línea de soplado de aire a presión en la descarga de la bomba.
- Medidor de flujo de la bomba matriz, con escala digital.
- Totalizador de la bomba matriz, con escala digital.
- Adaptador con conexión de acople rápido en la línea de descarga.

#### 4.2.1.5 Sistema Hidráulico

- Se dispone de dos bombas hidráulicas una de 30 hp y la otra de 15 hp
- Control de flujo para cada circuito.
- Manómetro de control para cada circuito.
- Manómetro principal para la línea hidráulica.
- Válvula de alivio.
- Interruptor principal de prendido y apagado de 440 v.
- Tubería de acero inoxidable para líneas hidráulicas y conectores hidráulicos.

#### 4.2.1.6 Sistema de Aire Comprimido

- 5 estaciones de distribución de aire.
- Manómetro de presión.
- Válvulas de bola de acero inoxidable
- Válvulas check para línea de soplado.
- Tubería de Nylon y jebe.
- Conexiones de Nylon y de acero inoxidable.

#### 4.2.1.7 Sistema eléctrico

- Tablero de control a prueba de explosión.
- Protección de rotámetros, medidores de flujo y totalizadores.
- Tendido de cables de energía para fuerza, mando y control a través de bandejas.
- Instalación de sistemas de emergencia.

#### 4.2.1.8 Tanque Mezclador ( Blender)

- Construida de un material de acero inoxidable.
- Conducción motriz hidráulica con dos ejes las cuales tienen paletas.
- Tanque enchaquetado para el paso del agua caliente.
- Sistema helicoidal para alimentación de aditivo de aluminio.
- Alarma ajustable para nivel alto del mezclador.
- Dispone de dos juegos de sellos mecánicos para los ejes.
- Línea de soplado de aire en la salida del mezclador.
- Tiene una válvula manual de mariposa en la salida del mezclador.
- Línea para adicionar micro-esferas de vidrio.
- Interruptor de parada del módulo colocado en la tapa de la mezcladora, el cual se activa si la tapa se abre durante el funcionamiento.
- Dispone de un medidor de flujo del producto.
- Totalizador y medidor de flujo, con indicador digital.
- Está provista de una tapa con resguardo, para retornar producto de muestras tomadas durante la producción.
- Interruptor de arranque de la bomba de descarga.

#### 4.2.1.9 Tolva de Micro-esferas

- Tolva de forma cónica construida de material aluminio.
- Tiene un agitador con motor de aire comprimido.
- Válvula de salida de bola de Ø 2 “. De acero inoxidable.

- Visor lateral transparente.
- Indicador con alarma de bajo nivel.

#### 4.2.1.10 Sistema de Adición de Microesferas

- Sistema de absorción por vacío:
  - Cargador de cajas de micro-esferas.
  - Mesa reclinable con accionamiento neumático.
  - Control automático de carga.
- Sistema de bombeo.
  - Fluye por acción de una Bomba peristáltica.
  - Medidor de velocidad de la bomba peristáltica, para medir la dosificación.
  - Dispone de un totalizador de micro-esferas y de la cantidad de micro-esfera adicionada durante la producción.

#### 4.2.1.11 Bomba de Descarga

- Dispone de Bomba de tornillo de cavidad progresiva.
- Sistema de protección de bombeo:
  - Por falta de flujo del producto.
  - Por baja presión del producto.
  - Por alta presión del producto
  - Por temperatura de operación
- Brida de 5 pulg. Para conexión a la entrada de la bomba.
- Brida de 4 pulg. Para conexión en la descarga de la bomba.

- Ensamblaje para fijación del disco de ruptura de grafito de 150psi
- Dispone de una válvula de bola de inoxidable para sacar la muestra.
- Tiene una línea de soplado en la descarga de la bomba.
- Dispone de un sensor de sobrepresión en la descarga de la bomba.
- Medidor del ratio de bombeo, con escala digital.
- Tiene un totalizador del ratio de bombeo, con escala digital.
- Dispone de un acople rápido en la descarga de 3 pulg.
- Dispone de una conexión en forma de “Y “, para la limpieza con el PIG<sup>7</sup> de jebe.

### 4.3 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Para el cálculo de los equipos y el dimensionamiento se recurrió al uso de manuales del fabricante.

Los equipos fueron diseñados por el mismo fabricante según los requerimientos solicitados por nosotros.

El cálculo de las capacidades de los tanques se hizo de acuerdo al flujo de producción del módulo y al tiempo de disolución de la solución oxidante.

Los tanques de aceite se dimensionaron teniendo en cuenta el tiempo de reposición de las materias primas y considerando que la planta debe trabajar a su máxima capacidad.

---

<sup>7</sup>Pig.- Dispositivo de jebe en forma de bala que sirve para limpiar tuberías con ayuda del empuje de aire comprimido, muy usado en las refinerías.

#### **4.3.1 Tanque de Petróleo**

El tanque de petróleo es para almacenar el combustible que alimentará al caldero, que consume 300 galones diarios. Se consideró que se debe de abastecer una vez al mes, se diseño con una capacidad de 13600 galones, cantidad suficiente para los días útiles de trabajo.

Este tanque está en una fosa y tiene la capacidad de almacenar el contenido total, en caso de derrame de combustible, la posición del tanque es vertical.

Para la construcción de un tanque de combustible, es necesario informarse acerca de las normas del uso y requisitos de tanques de hidrocarburos. Las licencias se gestionan en la Dirección General de Hidrocarburos y en OSINERG que son entidades dependientes del ministerio de Energía y Minas. Las normas y características de dichos tanques se pueden conseguir en OSINERG. Referencia, Ley Orgánica de Hidrocarburos, Norma NFPA 49.

El tanque es de 3.8m de diámetro y 4,50 m de largo, está construido con plancha de acero ASTM - A36 y soldado con soldadura supercito E 7018, la fabricación del tanque se hizo bajo la norma API 650.

Acabado: Pintura exterior con esmalte.

El tanque tiene una entrada de hombre en la parte superior y tiene conexiones para el abastecimiento y descarga de petróleo.

### **4.3.2 Tanque de Aceite**

Los tanque se diseñaron y mandaron construir con una capacidad de 10 000 galones cada uno con la premisa de que un tanque esta en consumo y el otro está en proceso de preparación de la mezcla aceite emulsificante. Cada tanque debe de alcanzar para una producción de 15 días que es el tiempo de reposición de nuestro actual proveedor.

Cada tanque es de 2,8 m de diámetro por 7,6 m de largo, montado sobre una estructura de fierro, con escalera de acceso a la parte superior.

Una entrada de hombre en la parte superior, que se usa para limpieza.

Una tubería de 4 pulg en la parte superior que se usa para abastecer el aceite.

Esta tubería debe tener una tapa con brida y pernos de ajuste.

En la parte baja tiene una tubería de 2 pulgadas que se usa para descarga, lleva una válvula de compuerta.

Un tubo de fierro negro de  $\frac{3}{4}$  de diámetro con agujeros en la parte baja en forma de quena y que se va a lo largo del tanque, dicho tubo tiene conexión de aire que se usa para agitar la mezcla de aceite con el emulsificante. Y de esta manera tener el aceite combustible para la producción de emulsiones.

Material: Plancha de acero estructural A36

Para bombear el aceite combustible hacia el módulo de producción se instalo una bomba de engranaje de 1 HP.

### **4.3.3 Caldero**

Para la selección del caldero se estudió capacidad requerida para disolver la solución de Nitrato de Amonio. Esta solución viene de un proceso endotérmico, debido a la naturaleza del Nitrato de Amonio que tiende a congelarse en presencia del agua. Hacer una estimación matemática de este proceso resulta demasiado complicado, debido a que hay una reacción química de por medio y no se han realizado pruebas para determinar los valores de parámetros de transferencia de calor del Nitrato de Amonio. Así mismo el proceso de agitación es un proceso aleatorio y turbulento el cual va variando de acuerdo al nivel que va teniendo conforme se va agregando el Nitrato de amonio en la parte de solución ya disuelta.

El caldero seleccionado es de tipo pirotubular de 250 BHP.

Su fuente de calor es un quemador con combustible DB5, cuenta con dos toberas que consume 12 galones por hora cada una, mientras el caldero está en funcionamiento.

El control de encendido es automático de marca HONEYWELL y cuenta con dos modos de trabajo; al 100% y al 50 % de su capacidad, el cual se modula automáticamente de acuerdo al consumo de vapor que se requiera en el momento de la producción.

Entre los equipos necesarios que se instaló en el caldero se tiene:

- Tanque de condensado de 200 galones
- Tanque D2 diario de 300 galones
- Bomba de alimentación al caldero de 2,2 kw , trifásico, 440v, 60hz
- Bomba de agua caliente 0,55 kw, 440v, 60hz
- Trampa de vapor TLV de  $\text{Ø } \frac{3}{4}$  “.
- Indicador de nivel de vidrio para tanque
- Tablero eléctrico para bombas y caldero
- Válvula de sobrepresión, regulada en 130 psi
- Válvula de seguridad la cual abre en 150 psi
- Válvula check en la alimentación de agua al caldero
- Válvulas de purga, adelante y atrás.

#### **4.3.4 Sistema de Tratamiento de Agua**

El sistema de tratamiento de agua es importante para el adecuado funcionamiento del caldero, de lo contrario los tubos del caldero se encalichan ocasionando una disminución en el rendimiento del caldero, debido a que no hay una buena transferencia de calor.

El tratamiento de agua tiene como finalidad controlar la formación de incrustaciones de las sales de calcio y magnesio.

En la planta se instaló un sistema magnético para el tratamiento de agua, éste consta de unos imanes que se colocan en un tramo de tubería de acero

inoxidable, en dicho tramo los dipolos del agua se polarizan y con ésta característica hace que los sólidos que se forman, tengan una forma redondeada y no adquieran la forma típica de cristales que se adhieren a la tubería y poco a poco van aumentando en tamaño, hasta obstruir la tubería o simplemente disminuir la eficiencia del caldero debido a que el caliche formado no permite una buena transferencia de calor.

En un sistema con magnetos; los cristales magnetizados con aristas redondeadas se siguen formando en el agua del caldero, pero estos no se adhieren sino que viajan con el agua sin generar incrustaciones en las tuberías y luego éstas son eliminadas con las purgas periódicas del caldero. Las purgas descargan en un pozo acondicionado para recibir éstos desechos del caldero. Con éste sistema se obtiene buenos resultados y las tuberías siempre se han encontrado limpias; sin embargo este sistema debe ir acompañado del uso de sustancias antioxidantes, que al estar las tuberías completamente limpias, están más expuestas a la oxidación debido al contacto con el agua caliente, el cual acelera el proceso de oxidación.

#### **4.3.5 Tolvas de Emulsión**

Se disponen de dos tolvas las cuales tienen una capacidad de 75 toneladas cada una y esto se determinó en base a la capacidad de producción del módulo y la cantidad de despachos de producto que se deben hacer, así también se debe considerar la cantidad de stock mínimo con que se debe contar para poder atender oportunamente a los clientes.

La descarga del producto está a 4 m de altura para que el camión pueda estacionarse, debajo de esta y así poder recepcionar el producto mediante una simple descarga por gravedad.

Las tolvas van montadas en una estructura de acero y sobre una losa de concreto armado, la cual, tiene conexiones de agua para el lavado de las tolvas y además cuenta con instalaciones de desagüe. Este último, tiene un colector que va hacia un sedimentador que sirve para atrapar los *efluentes*<sup>8</sup> líquidos con trazas de explosivo.

Las tolvas son de acero ASTM - A36 y van pintadas con pintura epóxica de color gris.

Cuentan con una escalera de acceso exterior con un protector en forma de túnel.

En la parte superior tiene una entrada para una persona y escalera para bajar al interior en caso de limpieza.

#### **4.3.6 Equipos de Laboratorio**

El ambiente de laboratorio se construyó junto al módulo de producción, puesto que tiene que tomarse muestras continuas durante el proceso, de esta manera cumplimos con el sistema de control de calidad, impuesto por la gerencia. También cuenta con instalaciones de agua, para la limpieza de los equipos. Así mismo se consideró que debe contar con

---

<sup>8</sup> Efluentes.- Desechos líquidos provenientes de la limpieza y desagües.

tomacorrientes estabilizadas para poder conectar los diversos equipos del laboratorio.

Dentro de los equipos de laboratorio podemos mencionar:

**Densímetro:** éste será utilizado para la determinación de la densidad de los aceites y la densidad de la solución.

**Rango:** 0,8 a 1.2 g/cc (aceites combustibles)

1,2 a 1,5 g/cc (solución de Nitrato de amonio)

**Viscosímetro:** Las características de éste instrumento son:

Viscosímetro Brookfield (ver anexo)

Modelo RVT-E – Serie: 97519 – 220 v), con juego de Spindles uno de los equipos del laboratorio más importantes ya que esta característica es la que determina la calidad del producto. Debe de ser a prueba de explosión por estar siempre en contacto con el producto explosivo.

Rangos de medición del viscosímetro: 10 000 a 100 000 Cp (mPa•s)

**Termómetros:** Se requiere de termómetros convencionales de mercurio con rango de medición de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$ , con éstos termómetros se determina el Punto de cristalización de la solución, que en forma indirecta está midiendo la concentración de amonio que hay en la solución oxidante ya preparada en los tanques de disolución.

**Balanza de laboratorio:** La balanza tiene la capacidad para pesar de 0 a 5000 g. Con ésta balanza y con ayuda de tazas volumétricas se determinará la densidad del producto final. No se puede medir con densímetros convencionales debido a que el producto es muy viscoso. Así mismo con ésta

balanza más recipientes de volúmenes conocidos servirán para calibrar los flujos de las materias primas que ingresan al proceso de producción continua.

**Medidor de Ph:** Éste instrumento es importante para medir el Ph de la solución oxidante ya que dependiendo de éste, se tendrá una velocidad de reacción en el proceso.

El Ph es una de las mediciones más comunes de laboratorio, porque muchos procesos químicos dependen del Ph. Con frecuencia, la velocidad o el ritmo de las reacciones químicas pueden ser alteradas por el Ph de la solución. La solubilidad de muchos agentes químicos en solución depende del Ph. Usualmente las soluciones químicas tienen límites muy específicos de Ph de acuerdo al uso que se les va a dar. Se requiere diferente Ph para los diferentes tipos de emulsiones a preparar.

La gama de actividad del ion hidrógeno, guarda una relación con una escala que va de 0 a 14.

El Ph sirve en forma práctica para determinar la acidez o alcalinidad de una solución a una temperatura dada. Un Ph de 7 describe una solución neutra porque las actividades de los iones de hidrógeno e hidróxido son iguales. Cuando el Ph está por debajo de 7, la solución se describe como ácida porque la actividad del ion hidrógeno es mayor que la actividad del ion hidróxido. En cambio, cuando aumenta la actividad del ion hidróxido, la solución se torna más alcalina, también se le denomina básica.

Rango de medición: 3 - 10 Ph

**Analizador de TBN:**

El TBN significa “Número Total de Basicidad” el cual es referencial y se acostumbra tomar a los aceites en general. Cuando se mezclan los aceites se toma un nuevo TBN y con esto se puede determinar la concentración y homogenización de dicha mezcla.

El TBN se analiza mediante un aparato llamado Trito-procesador el cual analiza el resultado mediante un proceso de *titulación*<sup>9</sup> de la mezcla de aceite. En el anexo se muestra un equipo múltiple de titulación para el TBN (*Multitrator*<sup>10</sup>).

Una titulación se hace mediante el agregado de una solución con características químicas conocidas sobre la solución desconocida de mezcla de aceite a analizar. El aparato mide la diferencia de potencial de la reacción que se va llevando a cabo durante el agregado de la solución conocida, comúnmente llamada solución patrón, hasta el momento en que el potencial se hace constante.

En ese momento el mismo aparato mediante un software, calcula la cantidad de solución reactiva que ha ingresado y con este valor obtiene el valor del TBN del aceite, que será usado en el proceso de fabricación de emulsiones.

Rangos de medición del equipo: 3 – 70 TBN.

---

<sup>9</sup> Análisis químico volumétrico cuantitativo. (en inglés titration)

<sup>10</sup> Aparato que sirve para realizar una titulación potenciométrica.

#### **4.3.7 Compresor de Aire**

El compresor de aire se seleccionó del tipo tornillo, por considerarse el más apropiado entre las alternativas encontradas en el mercado local.

Este compresor se seleccionó de acuerdo a la capacidad y presión de aire que se requiere en la instalación. La presión de cálculo es de 100 psi. Debido a que ésta es la necesaria para soplar y limpiar las tuberías, una vez que se ha terminado la jornada de producción.

El compresor seleccionado es de marca Atlas Copco, modelo GA 11 de 11Kw de potencia, es un compresor de tornillos rotativos, de una etapa con inyección de aceite, refrigerados por aire y accionado por un motor eléctrico trifásico.

#### **4.3.8 Bombas de Rebombeo**

Las bombas se han seleccionado de acuerdo a catálogos. Con las características de caudal y presión, analizado en cada punto de la planta donde se requería una bomba. Así mismo es importante seleccionar el material de las bombas, ya que estamos trabajando con productos químicos corrosivos los cuales trabajan con temperaturas de hasta 100 °C.

También se debe seleccionar correctamente el tipo de bomba a utilizarse ya que no se trata de productos convencionales como el agua. Por ejemplo para bombear hidrocarburos se debe tener en cuenta que está tratando con productos inflamables.

En nuestro caso para el bombeo de los aceites utilizamos bombas de engranaje con un dispositivo de sobrepresión, el cual retorna el producto bombeado hacia la succión de la bomba; esto con la intención de que no sobrepase la presión a la cual se a regulado, con el fin de que no se produzca una sobrepresión en la línea de bombeo.

#### **4.3.9 Sistema Eléctrico**

Para determinar la potencia instalada, se hizo un listado de todos los motores y equipos, así mismo se consideró la carga para el alumbrado de la planta. También se considero un 25% de energía de reserva futura.

## **CAPÍTULO V**

### **SEGURIDAD EN PLANTAS DE EMULSIONES**

#### **5.1 SEGURIDAD EN EL MANEJO DE LAS EMULSIONES**

Para el manejo de las emulsiones se considerará lo siguiente:

##### **5.1.1 Peligros de las Emulsiones Explosivas**

###### **5.1.1.1 Peligros típicos de los explosivos**

Explosión accidental

- Fricción
- Impacto
- Descarga estática
- Shock
- Calor

Dinamitas, PETN, Iniciadores (castboosters), azida de plomo, detonadores, cordón detonador, etc.

De modo que las emulsiones son:

- Mucho menos peligrosas que otros explosivos
- De manipulación más segura
- De uso más seguro

Entonces, ¿qué hemos hecho mal?

- Tratamos a las emulsiones como si no pudieran explotar.
- No creemos que son solamente más seguras, sino seguras.
- Usamos equipos de procesamiento normales.
- Con frecuencia empleamos personas sin experiencia en trabajos críticos.
- Construimos grandes fábricas, aumentamos la existencia, aumentamos la cantidad de obreros, tratamos los insumos y los desechos como simplemente materiales.
- Nos hemos vuelto complacientes “es una emulsión y es segura”  
Aparentemente, nos hemos olvidado
- Que la matriz tiene el potencial de explotar en ciertas circunstancias no controladas al igual que ciertos polvos, gases y líquidos pueden explotar en las condiciones propicias; el polvo de aluminio, el polvo de carbón, la harina, la gasolina, el GLP, etc.
- Ello ha tenido como resultados la complacencia que encontramos.

### **5.1.2 Características de las explosiones de emulsiones**

- No se producen instantáneamente en cuanto la falla se presenta.
- Todas involucran calor.
- Se ha asociado varias fuentes de calor con estas explosiones.
- Estas se refieren a productos sensibilizados y no sensibilizados.

- La mayoría de incidentes ha involucrado una matriz no sensibilizada (emulsión base).
- Confinamiento o grandes cantidades.
- La sensibilidad del detonador no representa realmente un problema en este caso.

#### Qué hace el calor?

- La emulsión contiene nitrato de amonio, aceites y agua.
  - El nitrato de amonio entra en solución – necesita calor, la emulsión que se compondrá puede liberar calor.
  - El agua se hervirá y evaporará – necesita calor.
  - El nitrato de amonio comenzará a descomponerse – necesita calor inicialmente pero si ello continúa se vuelve exotérmico.
  - La reacción de la descomposición de productos y aceite, entre otros, libera calor.
  - El aumento de la presión aumenta la velocidad de reacción.
  - La reacción en confinamiento lleva a una explosión de auto calentamiento/presión/explosión térmica.
  - Calentadas en confinamiento, las emulsiones se comportan como cualquier otro explosivo, sólo que con mayor lentitud.
  - Pero el diseño de los procesos, la operación y los controles de manipulación son mucho menos exigentes que para los explosivos convencionales.
  - Por lo tanto, el potencial de un suceso térmico es mucho mayor

- Los sucesos lo confirman.

#### 5.1.2.1 Efecto del Calor

Matriz/emulsión	----->	Ha dejado de ser lo que era
Cambian los peligros	----->	Detonables
		Sensible al impacto

Estas fuentes de calor pueden ser:

#### Internas

- Descomposición térmica
- Calentamiento por fricción, p.ej.,  
Una bomba que funciona mal.

#### Externas

- Fuego de los rodamientos.
- Fuego de materiales adyacentes.
- Combustión por chispa de  
polvos/vapores inflamables.
- Fuego de vehículos.

#### **Descomposición térmica**

- La más común es la reacción del nitrato de amonio por materiales incompatibles.
  - Exceso de nitrato de sodio
  - Compuestos de cloro
  - El Ph bajo también es un factor
- Buen manejo de insumos y desechos para evitar la contaminación cruzada.

### 5.1.3 Peligros de Bombeo

#### Bomba trabajando sin succión

- Ocasionado por bloqueo en el lado de salida con la bomba que continúa funcionando
  - Válvula cerrada
  - Manguera bloqueada
- La emulsión saca normalmente energía de la bomba pero ahora toda la energía de la bomba entra en calentamiento por fricción de la emulsión confinada, lo que lleva a la descomposición y una posible explosión

#### Funcionamiento en seco

- Debido a la ausencia de producto en la bomba con la bomba que continúa funcionando
  - Tolva de alimentación vacía
  - Bloqueo de la entrada de la bomba.
  - Válvula cerrada en la entrada.
- La emulsión actúa como un Lubricante pero si no la hay el estator se recalientará, lo que ocasionará que la emulsión residual se caliente, se descomponga y posiblemente explote.

**No**

- Haga funcionar una bomba en seco.
- Haga funcionar sin flujo del producto
- Deje que ingresen objetos extraños a la bomba
- Use la bomba para limpiar un tubo bloqueado
- Instale repuestos no aprobados
- Haga modificaciones no autorizadas
- Pase por alto los dispositivos de seguridad
- Deje funcionando una bomba sin supervisión

**Si**

- Implemente un sistema de manejo de la bomba
  - Con personal capacitado para la operación y el mantenimiento
  - Dispositivos de seguridad
  - Mantenimiento rutinario de la bomba
  - Validación de los dispositivos de seguridad.

**Fuentes externas**

- Fuego de rodamientos, fuego de materiales adyacentes, combustión por chispa de polvos/vapores inflamables.
  - Buenas prácticas de seguridad y mantenimiento.

### **Algunos incidentes**

- Calor térmico directo
  - El soldador hizo fuego con aceite/pasto seco que se encontraba debajo de un tubo de transferencia de emulsión
  - El fuego de la nube de polvo envolvió finalmente la bomba y la tolva
  - Los silos de emulsión a granel envueltos por el fuego resultante de una explosión anterior en el lugar.
- Descomposición química.
  - Mezcla de exceso de nitrito de sodio con emulsión o NA.

### **Otros**

- Compresión adiabática
  - Mecanismo potencial en bombas de pistón

Especificar el punto de combustión de materiales orgánicos, especificar la viscosidad máxima, evitar que quede aire retenido en la bomba.

### **A qué se debe prestar atención en una fábrica de emulsiones**

- Bombas
- Siempre que sea posible elija bombas que no puedan funcionar con la tubería bloqueada, por ejemplo, bombas de baja presión que se detienen automáticamente.
- Para bombas de desplazamiento positivo como las de cavidad progresiva (probablemente las de uso más generalizado), asegúrese de que funcionen sin succión o en seco, es decir, básicamente para proteger contra condiciones de

ausencia de flujo, los dispositivos de seguridad incluyen dispositivos de falta de flujo, mecanismos de corte por contrapresión alta y baja, de corte por temperatura alta, termofusibles de seguridad y discos de ruptura para descarga de presión.

- Asegúrese que las bombas se inspeccionen y mantengan debidamente.

### **Referencias recomendadas**

- Lineamiento de bombeos de explosivos a granel a base de agua- IME (Guidelinesforthepumping of bulk, wáter-basedexplosives) – IME.
- Lineamientos de bombeo de explosivos a granel a base de agua (Guidelinesforthepumping of wáter basedexplosives) Natural ResourcesCanada
- Mezcladoras de alta energía

- Puede haber ausencia de flujo y calentamiento del producto

Las mezcladoras continuas deben proteger contra la falta de flujo

Las mezcladoras de lote (batchmixers) no deben tener un embrague de deslizamiento ni ninguna otra forma de limitación del torque.

#### **5.1.4 Diseño de la fábrica**

- Separe la preparación de insumos, el mezclado/encartuchado y el embalaje en 3 edificaciones o áreas para reducir la exposición del personal a un incidente y los impactos sobre las existencias.

- Evite que se realicen varias operaciones a la vez en el mismo compartimiento
- Las vías de escape despejadas y eficaces para todo el personal son una prioridad. La emulsión rara vez o nunca explota repentinamente ante una situación de falla; por lo general viene precedida de un período de calentamiento o reacción con signos visibles o audibles de que algo anda mal. Ello debe dar al personal tiempo para evacuar el área pero únicamente si la vía de escape está en todo momento despejada y el personal puede llegar a ella sin tener que acercarse a la situación de peligro.
- Si en el recinto de procesamiento hay un pequeño laboratorio éste debe contar con su propia puerta de escape y el personal debe limitarse al mínimo requerido.
- El personal no debe quedar atrapado en el interior por equipo de embalaje ni otros.
- Las salidas deben contar con alarmas de emergencia y botones de corte de las operaciones.
- Se debe evitar que la emulsión que se encuentra en algún recipiente que la confina quede envuelta por el fuego asegurándose de que:

Todos los tanques de petróleo y combustible estén en una posición tal que una brecha en el tanque o la tubería asociada no permita que el combustible fluya hasta estar debajo de tanques de emulsión, tuberías de transferencia, etc.

Todos los tanques de combustibles tengan contención secundaria suficiente.

No se guarde combustibles de ningún tipo de cerca de los tanques de emulsión o las tuberías de transferencia.

- En caso de un incidente grave en una bomba, mezcladora u otra pieza del equipo de procesamiento que resulte en un incendio es crucial que los otros ingredientes de alta energía tales como el aluminio y el nitrato de amonio no puedan añadirse al fuego.
- No se debe colocar las tolvas ni los silos para añadir otros ingredientes sólidos directamente encima de artículos críticos del equipo de procesamiento tales como las mezcladoras y las bombas.
- No se debe colocar silos de emulsión ni tanques de almacenamiento directamente encima de módulos de procesamiento ni bombas.
- Los entresuelos deben estar colocados fuera del centro de módulos de procesamiento.

#### **5.1.5 Manipulación de insumos**

- El NA debe almacenarse de conformidad con los lineamientos de las buenas prácticas de la industria. No se debe guardar con Nitrato de Amonio ningún otro material a excepción de nitrato de sodio, Los envases sueltos de lubricantes, anticongelantes y otros químicos no se deben guardar con Nitrato de Amonio.

- El nitrito de sodio debe guardarse en su propio lugar de almacenamiento. Debe rotularse claramente para evitar que sea confundido con nitrato de sodio cuando este último también se utilice.
- El aluminio debe guardarse en su propio lugar de almacenamiento.
- El perclorato sódico se debe guardar por separado.

### **Manejo de desechos**

- Cada desecho debe conservarse en un recipiente individual en todo momento.
- Los desechos no identificados no deben mezclarse en ninguna circunstancia con otros desechos.
- Cada desecho se debe eliminar por medio de un método aprobado, el cual consiste en la quema en lugar llamado crematorio.

### **Almacenamiento, separación y rotulado.**

- Los recipientes y bolsas deben estar rotulados
- Cada material debe tener asignado un lugar para su almacenamiento
- La distancia o el diseño de la separación deben ser tales que eviten la mezcla accidental
- Todo derrame debe ser limpiado y el material del mismo eliminado en el recipiente debido
- Mantenerse dentro de las cantidades, máximas permitidas.

## **5.2 CAPACITACIÓN DE SUPERVISORES**

### **5.2.1 La función del supervisor**

- Encargarse de la seguridad y el bienestar de los miembros de su equipo.
- Asegurar que las actividades de su equipo cumplan por lo menos con los requisitos establecidos por el directivo competente en las actividades directas de producción o apoyo
- Ser un ejemplo de la actitud, comportamiento y desempeño que se esperan de su equipo.
- Ser el punto de contacto entre los directivos principales y los operarios para asegurar que haya una comunicación eficaz y clara en ambas direcciones.

#### **Temas que se debe abordar**

- Horario de trabajo diario
- Tareas y responsabilidades principales
- Mantenimiento y gestión de cambios
- Tareas especiales
- Presentación de informes
- Competencias sociales y profesional
- Educación y apoyo
- Breves reuniones informativas con el equipo
- Inspección de las zonas de trabajo

- Coordinar / confirmar todos los suministros/recursos necesarios para el turno seguridad, los explosivos permitidos y los límites de personal
- Cooperación con control de calidad para muestras. Etc.
- Llenado del informe del turno y entrega al siguiente supervisor
- Informe de todos los incidentes y los que no se produjeron por poco.

### **5.2.2 Tareas y Responsabilidades Principales**

- Cumplir con el plan de trabajo  
Cantidad  
Calidad
- Supervisión  
Cumplimiento de las instrucciones de operación  
Legislación – cantidad de explosivos y personal total inclusive  
Condiciones para interrumpir la planta ante una emergencia  
Control de visitantes / contratistas
- Capacitación  
Capacitación de inducción a nuevos empleados y capacitación continua al personal establecido, con inclusión de capacitación de actualización  
Documentación  
Llenado de la documentación rutinaria de la planta – horas trabajadas, tiempo de inactividad, niveles de producción, material desechado y libro de registro de la planta.
- Mantenimiento

Asegurarse de que se cumpla con los programas de mantenimiento y que la planta y los equipos se preparen debidamente para el mantenimiento.

Asegurarse de que la planta vuelva a una condición segura una vez concluido el mantenimiento y antes de reiniciar las operaciones.

Asegurarse de que se cumpla con las condiciones de todas las autorizaciones de trabajo correspondientes.

- **Gestión de cambios**

Asegurarse de que todos los cambios de la planta, los insumos y los procesos – con inclusión de los menores y temporales – se estudien formalmente y aprueben por el procedimiento local de gestión de cambios.

**Tareas especiales**

- Mejora continua en todas las áreas de responsabilidad, seguridad, salud y ambiental; eficiencia de los procesos, productividad, calidad, etc.
- Ayudar en la revisión y actualización de las instrucciones de operación y otra documentación de la planta.

**Obligaciones de informar**

Los supervisores reportan directamente a un directivo competente, SU JEFE INMEDIATO.

Asesorar y alentar a los operarios a documentar observaciones importantes, fallas de funcionamiento y reparaciones en el libro de registro del turno de trabajo.

### **5.2.3 Competencias sociales y profesionales**

- **Ser un ejemplo**

El supervisor debe demostrar en todo momento responsabilidad en su trabajo y actitud con respecto a la seguridad, la limpieza de la planta y cumplimiento de las normas.

El supervisor es un ejemplo de la práctica por su actitud y comportamiento personal.

El supervisor tiene un impacto positivo en cada empleado para garantizar la seguridad de las operaciones en todo momento.

## **CAPÍTULO VI**

### **SISTEMA DE CONTROL Y DE CALIDAD EN LOS EQUIPOS**

#### **6.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

El protocolo de pruebas a realizarse nos brindará la seguridad de que nuestra instalación cumpla con los estándares de calidad y fiabilidad.

#### **6.2 OBJETIVO**

El objetivo es brindar un procedimiento que nos permita efectuar el arranque de la Planta de Emulsiones, se muestra la metodología general a seguir para efectuar las pruebas en vacío y con carga a los equipos instalados.

Liberación de los equipos e instalaciones mecánicas y eléctricas que anteceden a la prueba de arranque inicial de la Planta de Emulsiones.

#### **6.3 RESPONSABILIDADES**

- **Ing. Supervisor de Proyecto:**

Establecer los recursos que se emplearán así como coordinar las actividades a realizar para las pruebas:

Pruebas de estanqueidad de tanques, pruebas de hermeticidad en serpentines de calentamiento y tuberías

Pruebas de hermeticidad en tuberías y mangueras del sistema hidráulico.

Paradas de emergencia de planta.

Sistema eléctrico de alumbrado.

Sistema eléctrico de fuerza

Sistema de control – Sensores de nivel, presión, temperatura, flujómetros, válvulas automáticas, sistema de seguridad

Pruebas de recirculación

Calibración de instrumentos de medición

Verificación de elementos de sujeción (pernos, tuercas etc)

Señalización de equipos , tuberías y riesgos.

Verificar y/o ejecutar las actividades de las pruebas y registrar estos datos técnicos.

- **Supervisor de Producción:**

Apoyar, verificar y/o ejecutar las inspecciones y controles de las actividades de las pruebas.

#### **6.4 EQUIPOS Y MATERIALES**

Tanque de agua de 40 litros con bomba manual de cap. de 300psi.

Bomba manual para aceite de unidad hidráulica de 3000psi

Balanza de plataforma de 60kg

Tacómetro digital

- Cronómetro
- Pirómetro laser.
- Pinza Amperimetrica
- Equipo Patrón de calibración de presión
- Equipo de medición para nivel de ruido
- Recipientes (bolsas plásticas, cubetas plásticas de 50kg de cap., Hoover de 1m<sup>3</sup>)
- Implementos de Seguridad (Cascos, zapatos, guantes, mandil, lentes, mascarilla completa )
- Juego de herramientas de mecánico
- Juego de herramientas de electricistas

## **6.5 MÉTODOS Y RESULTADOS**

### **6.5.1 Pruebas de hermeticidad en tuberías de vapor, condensado y solución oxidante.**

El objetivo de esta prueba es verificar que no existan fugas en las tuberías en sus conexiones, cordones de soldadura, soportes, ajustes, etc. Para lo cual debemos verificar previamente todas sus conexiones, roscas, bridas, conexión a equipo, revisar ajuste de soportes. Una vez llenada la tubería de agua se debe conectar de inmediato una bomba hidráulica manual de prueba con capacidad de 300 PSI. Mantener la línea presurizada en 200 PSI por 2 horas aprox. Luego de la conformidad proceder a liberar líneas para pasar vapor y posteriormente aislar las tuberías, hacer circular combustible, solución oxidante, etc.

Item	Descripción trabajo	V°B°	Observaciones
1	Verificar limpieza interna de tuberías, del sector a probar.	√	
2	Designar como extremo N°1 el lado a taponear y N° 2 el extremo a conectar al probador.	√	
3	Verificar por ajuste uniones de la línea a probar.	√	
4	Llenar con agua limpia el tramo de tubería a probar y conectar bomba manual de prueba.	√	
5	Verificar válvulas estén cerradas en los distintos puntos de utilización	√	
6	Abrir lentamente la válvula de ingreso que conecta a la red de acuerdo a la línea que se esté probando (vapor, solución, aire comprimido, agua de red, agua caliente, agua de condensado, combustible).	√	Probado a 200 PSI
7	Mantener las líneas presurizadas a la presión de trabajo por un periodo de 24hrs	√	

### Tuberías en general

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Prueba de tubería Línea vapor	√	Con vapor presento fugas. Corregido
2	Prueba de tubería Línea condensado.	√	
3	Prueba de tubería de agua.	√	
4	Prueba de tubería de aire	√	
5	Prueba de tubería solución oxidante ida	√	
6	Prueba de tubería solución oxidante retorno	√	
5	Prueba de tubería solución oxidante filtros prensa	√	
7	Prueba de tubería solución oxidante tramo pulmón módulo	√	
8	Tubería de combustible RHO tramo Mod. 1 - tanque Mod.2	√	
9	Tubería de agua caliente para tanques fusores	√	
10	Tubería de agua caliente para tubería enchaquetada.	√	
11	Tubería de agua par torre de enfriamiento ida y retorno	√	
12	Prueba de tubería línea de bomba Aro	√	

### 6.5.2 PRUEBA DE HERMETICIDAD DE LÍNEA HIDRÁULICA.

Para esta prueba proceder a: Verificar limpieza interna de las tuberías y mangueras del tramo a probar, verificar ajustes, aislar las bombas hidráulicas (desconectar de la línea de prueba), luego de taponear un extremo llenar de aceite hidráulico la tubería y conectar la bomba manual de capacidad 3000 PSI, para poder a realizar la prueba a 2000 PSI.

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Prueba hidráulica línea 15 HP por ajuste, fugas.	√	Se corrigió fuga, en unión universal.
2	Prueba hidráulica línea 30 HP por ajuste, fugas.	√	Se corrigió fugas..
3	Prueba Hidráulica en tanque reservorio hidráulico	√	Fugó por válvulas descarga, visor, corregidos.

### 6.5.3 Estanqueidad de tanques del módulo

Para poder liberar los tanques por fugas, desajustes internos, externos revisar cómo sigue a continuación, para un determinado tanque.

#### Pruebas de hermeticidad del serpentín de calentamiento por vapor

- Verificar limpieza interna de serpentines
- Designar los extremos del serpentín como N°1 y N°2
- En el extremo N°2 instalar válvula para purga y descargar el agua a llenar en el serpentín.
- Por el extremo N°1 llenar agua al serpentín del tanque hasta purgar todo el aire controlando con la válvula instalada en el otro extremo.

- Cerrar válvula de purga y descarga.
- Conectar al extremo N°1 del serpentín la bomba manual de 300psi para la prueba hidráulica con su tanque lleno de agua limpia.
- Presurizar el serpentín hasta una presión de 200psi por un periodo de 3hrs, verificar que se mantenga la presión indicada, caso contrario detectar la fuga y repetir prueba.
- Una vez conforme evacuar el agua abriendo lentamente la válvula de descarga para despresurizar el serpentín. Proceder con los otros serpentines de forma similar

Para liberar los **tanques**, verificar por fugas en su cuerpo tanto cónico y cilíndrico realizando la prueba hidráulica, llenado agua el tanque.

- Verificar limpieza interna del tanque.
- Verificar ajuste de todos los pernos del serpentín.
- Verificar ajuste de los pernos de la tapa del tanque.
- Verificar que la válvula de descarga del tanque este cerrada.
- Llenar de agua el tanque hasta un 95% de su altura cilíndrica.
- Mantener el tanque con agua por un periodo de 24 hrs.
- Descargar el agua utilizada a otro tanque o eliminar a la línea de desagüe.
- Proceder con todos los tanques de forma similar.

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Prueba hidráulica del serpentín y del tanque Sol. Oxidante	√	Se encontró fuga en serpentín, corregido
2	Prueba hidráulica del serpentín y tanque combustible 1.	√	Sin novedad
3	Prueba hidráulica del serpentín y tanque combustible 2.	√	Sin novedad
4	Prueba hidráulica del serpentín y tanque fusor 1.	√	Sin novedad
5	Prueba hidráulica del serpentín y tanque fusor 2.	√	Se encontró fuga en serpentín, corregido
6	Prueba hidráulica del serpentín y tanque pulmón Sol. Oxidante	√	Sin novedad

#### 6.5.4 PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Revisión de líneas eléctricas, tableros, motores eléctricos, etc. Para poder efectuar las pruebas de energizado de los equipos e instrumentos del módulo de producción, para proceder a dar conformidad y poder continuar con las siguientes pruebas.

Item	Descripción trabajo	V°B°	Observaciones
	<b>Tablero y líneas</b>		
1	Revisión de conexiones en tablero eléctrico de fuerza y mando	√	
2	Revisar conexión de líneas de pozo a tierra, resistencia del pozo.	√	
3	Verificar conexión y ajuste en borne conexión de motores eléctricos	√	
4	Revisar Interruptores térmicos de motores eléctricos	√	
5	Revisar guarda motores y relés térmicos de cada motor eléctrico, regular amperaje de acuerdo a motor.	√	
6	Revisar voltaje de llegada en tableros eléctricos	√	
7	Verificar señalización de riesgo tablero, rotulado eléctrico, etc.	√	
	<b>Parada de emergencia</b>		
8	Probar que pare desde los (3 und) puntos de parada de emergencia planta y parada del módulo (2und)	√	Estuvo mal conectado, se corrigió.
	<b>Motores eléctricos</b>		
9	Verificar conexión a tierra	√	
10	Verificar sellado tapa de bornes, uniones, evitar filtración agua	√	
	<b>Instrumentación</b>		
11	Revisar conexión de sensores en general(Flujo, presión, PT100,J)	√	
12	Revisar conexión eléctrica de los sensores en tablero de mando	√	Se encontró LB rajado, se cambió
13	Verificar sello y cierre de los sensores y electro válvulas neumáticas.	√	
	<b>Iluminación</b>		
14	Revisar luminarias y tuberías de línea Iluminación.	√	
15	Verificar encendido de luminarias (Fluorescentes y reflectores)	√	
16	Verificar respuesta de alumbrado de emergencia.	√	AL inicio no respondió, corregido

### 6.5.5 Pruebas de arranque de equipos

#### Arranque de agitadores de tanques del módulo

Para liberar el arranque de los agitadores por funcionamiento correcto, libre de vibración y anomalías en operación, proceder:

- Tener la conformidad de la prueba del sistema eléctrico.
- Tener conformidad de la prueba hidráulica del serpentín y tanque correspondiente.
- Tener conformidad mecánica por ajustes en tanque y agitador.
- Llenar el tanque a probar con agua (limpia), mínimo hasta la mitad de parte cilíndrica.
- Probar el sentido de giro con un toque del pulsador correspondiente al tanque seleccionado, el sentido de giro será anti horario.
- Verificar el agitador por vibración, golpeteo durante agitación.
- Registrar amperaje del motor de agitador en prueba, en las tres fases.

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Prueba de agitación del tanque Sol. Oxidante	√	Amperaje.
2	Prueba de agitación del tanque combustible 1.	√	Agitador con vibración, se corrigió balanceo dinámico.
3	Prueba de agitación del tanque combustible 2.	√	Agitador con vibración, se cambia eje, fuga de aceite por eje red.
4	Prueba de agitación del tanque fusor 1.	√	Sin novedad, se alarga eje.
5	Prueba de agitación del tanque fusor 2.	√	Sin novedad, se alarga eje.
6	Prueba de agitación del tanque pulmón de Sol. Oxidante	√	Sin novedad

### **Prueba de calentamiento de los tanques**

Para poder liberar los serpentines de vapor, operación de válvulas de control automático de vapor, respuesta del controlador programable en el panel touchscreen, proceder a probar la línea por calentamiento como sigue:

- a. Para esta prueba retirar el personal de los sectores de prueba, coordinar los pasos de la prueba.
- b. Tener conformidad eléctrica por conexiones de las termocuplas, válvulas de vapor y Programación en panel del operador.
- c. Verificar que el tanque este con agua, que cubra el serpentín de vapor.
- d. Verificar línea de vapor y línea de condensado por fugas y desajustes, verificar línea de retorno condensado, para evitar quemaduras, líneas aislada o señalizadas.
- e. En panel seleccione el tanque de prueba correspondiente, presionar el ícono habilitar válvula de vapor.
- f. Verificar respuesta de la válvula vapor por cierre y apertura, cambiando el set point en el programador. Hacer esto mínimo 2 veces tomando lecturas con un pirómetro y verificar lectura en el programador, ajustar factor hasta que coincida lectura del pirómetro.
- g. En programador fijar 100 °C, hasta ver que el agua en el tanque hierva y a esta temperatura cierre la válvula de vapor. Ajustar factor si no cumple.

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Prueba de Calentamiento del tanque Sol. Oxidante	√	Sin novedad
2	Prueba de calentamiento del tanque combustible 1.	√	Se realizó ajustes
3	Prueba de calentamiento del tanque combustible 2.	√	Sin novedad
4	Prueba de calentamiento del tanque fusor 1.	√	Se realizó ajustes
5	Prueba de calentamiento del tanque fusor 2.	√	Sin novedad
6	Prueba de calentamiento del tanque pulmón Sol. Oxidante	√	Se cambia conversor interfase, corregido

### 6.5.6 Arranque de unidad hidráulica

Para liberar la unidad Hidráulica por operación correcta, libre de vibración, ruidos extraños, para poder iniciar las pruebas de movimiento de motores hidráulicos, etc.

Proceder a:

- a. Verificar línea hidráulica completa, todos los motores deben estar conectados con sus respectivos retornos y líneas liberadas.
- b. Verificar nivel de aceite en tanque hidráulico, válvula del tanque hidráulico. abiertas hacia las bombas.
- c. Tener conformidad de prueba hidráulica de línea.
- d. Tener conformidad de prueba del sistema eléctrico, para arranque.
- e. Tener todas las válvulas del manifold cerrado, antes del arranque.
- f. Dar un toque, para verificar el sentido de giro de las bombas hidráulicas.
- g. Comprobado el sentido de giro, arrancar y verificar corriente de línea, fase de los motores eléctricos de las bombas hidráulicas. Registrar Amperaje en vacío.

- h. Regular la presión de trabajo de cada bomba, Bomba 15 HP en 800 PSI y bomba 30 HP en 1200 PSI. Regular válvula Relieve de sobrecarga en cada bomba.

Ítem	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Arranque unidad hidráulica 15 HP	√	Fuga por sello mecánico y válvulas reg. Presión
2	Arranque unidad hidráulica 30 HP	√	Fuga por válvulas reg. Presión

Ambas fugas corregidas, operación de ambas unidades hidráulicas o.k.

### 6.5.7 Pruebas en el módulo de producción

Para liberar los equipos en el módulo de producción, probar con aire, fluido hidráulico, agua, cada línea, verificando que las válvulas aperturen en la dirección correcta, verificar fugas en conexiones, verificar que los motores giren de acuerdo a lo solicitado, Verificar presión de la línea, verificar temperatura de la línea en cada Equipo, RPMs.

#### a. Prueba de Línea Combustible

- Probar con aire la línea, verificando que las válvulas de 3 vías estén en la dirección correcta.
- Verificar limpieza interna de las tuberías, filtro en succión de bomba Viking.
- Verificar sensor de RPM (Regulación del motor hidráulico.), verificar sensor de flujo, verificar válvulas neumáticas del panel. Pegar en el eje lámina reflectiva para tacómetro.

- Habilitar tanque vacío, libre de agua, para recircular aceite 10Kg.  
Habilitar línea en posición recirculación a Tanque seleccionado.
- Con la conformidad hidráulica, y unidad hidráulica prendida, proceder a abrir la válvula del manifold, correspondiente a la bomba de combustible, abrir lentamente el regulador.
- Verificar RPM del motor hid. De la bomba Viking en panel y contrastar la lectura con el tacómetro digital. Ajustar el factor mediante programación del PLC, hasta tener la velocidad real en el panel de control del operador. Al final de la prueba, retirar el aceite del tanque.

#### Prueba de línea combustible

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Operación de filtro combustible	√	
2	Operación y vías correctas para válvula 3 vías (8 und) en succión y descarga de bomba	√	3 Válv. Invertidas, Corregido.
3	Operación Bomba combustible Viking	√	
4	Indicación de RPM para bomba combustible	√	Se ajusta factor, corregido
5	Operación de Fluviómetro combustible flujo y acumulador	√	En panel y display Regulado O.K.
6	Operación de Indicador de temperatura línea	√	
7	Operación de válvula de recirculación (actuador neumático)	√	Estaba invertido, corregido
8	Probar motor Hidráulico a diferentes flujo, hasta 10 Kg/min.	√	Se soltó acople, corregido
9	Verificar fluviómetro con aforo manual a 2 flujos diferentes.	√	El aforo con fluviómetro es O.K.
10	Prueba de recirculación a todos los tanques (C1, C2, F1, F2)	√	Recirculación conforme

**b.- Pruebas de la línea de solución oxidante**

- Probar con aire la línea de 1", verificando que las válvulas de 3 vías estén en la dirección correcta.
- Verificar limpieza interna de las tuberías solución oxidante., filtro de bomba solución oxidante.
- Verificar sensor de RPM (Regulación en el motor hidráulico.), verificar flujómetro, verificar válvulas neumáticas del panel. Pegar en el eje lámina reflectiva para tacómetro.
- Habilitar tanque solución oxidante, verificar que tenga agua ½ tanque, para recircular. Habilitar línea en posición recirculación a Tanque solución oxidante.
- Con la conformidad hidráulica, y unidad hidráulica prendida, proceder a abrir la válvula del manifold, correspondiente a la bomba sol. oxidante, abrir lentamente el regulador.
- Verificar RPM del motor hidráulico de la bomba Waukesha en panel y contrastar la lectura con el tacómetro digital. Ajustar el factor mediante programación del PLC, hasta tener la velocidad real en el panel de control del operador.

**Prueba de línea solución Oxidante.**

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Operación de filtro sol. Oxidante y válvulas mariposa.	√	
2	Operación correcta de válvula 3 vías (3 und) en succión y descarga de bomba waukesha.	√	
3	Operación Bomba solución oxidante.	√	
4	Indicación de RPM para bomba waukesha	√	O.K. Comprobado con tacómetro
5	Operación de Flujómetro sol. Oxidante, flujo y acumulador	√	En panel y display Regulado O.K.
6	Operación de sensor de temperatura de bomba sol. Oxid.	√	Respondió correctamente luego de regulación, conforme
	Operación del sensor de presión a flujo mín. y máx.	√	Respondió correctamente luego de regulación, conforme
7	Operación de válvula de recirculación (actuador neumático)	√	Estaba invertido, corregido
8	Prueba de bomba sol oxid. a diferentes flujo, hasta 141 Kg/min, con agua.	√	O.K. flujó límite, no da más.
9	Comprobar lect. De flujómetro con aforo manual a 2 flujos diferentes.	√	Aforo con flujómetro es O.K.
10	Prueba de recirculación a tanque pulmón y a tanques de preparación sol. Oxidante	√	Trasvase conforme de TQ módulo a Pulmón y disolución.

**c.- Prueba del tanque Premix**

Para liberar el tanque Premix, probar con agua, agitación, calentamiento con vapor, por operación del sensor de nivel, ajuste de pernos en general. Para la prueba verificar limpieza interna y llenar de agua hasta el 75% de su capacidad.

**Prueba de tanque premix.**

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Operación de tanque por fugas. Válvula mariposa	√	
2	Prueba de agitador a 500 RPM, operación RPM	√	
3	Prueba de sensor de nivel	√	
4	Calentar chaqueta con vapor	√	

**d.- Bomba de emulsión Matrix**

Liberar a la bomba matrix, realizando prueba de bombeo con agua a temperatura ambiente, proceder:

- Conformidad eléctrica de conexiones de sensores.
- Llenar el tanque premix con agua limpia.
- Direccionar válvula de 3 vías a un balde, luego de verificar al blender.
- Abrir lentamente válvula hidráulica.
- La prueba de los sensores, verificar con bajo flujo, sin flujo, para ver respuesta de sensores, calibrar de acuerdo al tiempo de respuesta.
- Probar isoring con aire a 100 PSI y verificar lectura del manómetro de isoring, versus manómetro de aire, rellenar glicol si hay desfase.

**Prueba de bomba emulsión matrix**

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Operación de bomba en diferentes velocidades.	√	
2	Operación de sensor de flujo	√	Sin flujo apaga Unidad Hid.
3	Operación de sensor de presión	√	Probado por presión baja y alta
4	Operación de sensor de temperatura	√	Probado con cambio de temp.
4	Operación de sensor de RPM y lectura	√	

**e.- Prueba del CR MIXER**

Para la liberar el CR-Mixer de operación correcta de equipo y su sistema de seguridad, proceder a:

- Tener la conformidad eléctrica de conexión de motor eléctrico y sensor de temperatura y agua.
- Para la prueba mantener con agua la línea protección de sello mecánico.
- Durante movimiento comprobar los RPM del eje tomado con tacómetro y la velocidad en el panel.
- Verificar que el sensor de agua habilite al CR-Mixer, solo cuando hay flujo de agua caso contrario no debe habilitar para su operación y debe lanzar alarma de falta agua, CR-Mixer apagado, en cada caso.
- Efectuar la prueba de parada de CR-Mixer por temperatura, verificando con varios puntos de control.

**Prueba de CR Mixer**

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Operación de CR_Mixer, regulación de RPM	√	Se regula factor
2	Prueba de operación de sensor de flujo de agua	√	Se reguló flujo
3	Operación del sensor de temperatura CR_Mixer.	√	
4	Operación de alarmas por falta agua y sobrettemperatura	√	
4	Validación de RPM de motor eléctrico y CR_Mixer.	√	Hasta 1700 RPM.
5	Conformidad de operación de CR_Mixer.	√	

**f.- Prueba de Blender.**

Para Liberar el mezclador blender por operación conforme proceder como sigue:

- Verificar limpieza interna, escorias, etc.
- Revisión general de pernos sobre tapa, fijación de filtro de aire.
- Retirar material extraño sobre el Blender.
- Verificar que conexión a bomba este con pernos completos y ajuste.
- Verificar lubricación de chumaceras, guarda de protección completa de ejes.

**Prueba del Blender**

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Prueba de hermeticidad del blender	√	Se sella con formado brida descarga
2	Guardas en ejes, ajuste de pernos	√	Se instala guardas.
3	Pruebas no destructivos en cordones de soldadura ejes	√	ok
4	Verificar RPM del blender en panel	√	
5	Prueba de sensor de nivel alto y sensor de nivel bajo, reporte de alarmas.	√	
6	Conformidad de blender para operación	√	

**g.- Prueba de la bomba de descarga**

Para tener la conformidad de operación de la bomba de descarga allweiler, tener presente:

- Tener conformidad eléctrica de conexión de sensores.
- Conformidad mecánica por ajuste de pernos anclaje, conexiones de bomba, conexiones Hidráulicas.
- Verificar limpieza interna de tuberías, interior de bomba libre de objetos extraños, conexión de servicio aire.

- Tener el blender conforme con agua limpia, tener un balde para evacuar el agua a votar.
- Abrir lentamente la válvula hidráulica del manifold, asegurándose que trabaje el solenoide hidráulico.

### **Prueba de la Bomba de descarga Allweiler**

<b>Item</b>	<b>Descripción de trabajo</b>	<b>V°B°</b>	<b>Observaciones</b>
1	Prueba de hermeticidad de bomba libre de fugas	√	
2	Prueba de operación de bomba con giro suave y sin vibración.	√	
3	Prueba del sensor de flujo (led verde - rojo) por flujo	√	Se cambió sensor flujo
4	Prueba de sensor de presión e isoring con aire y bomba	√	
5	Prueba de sensor de temperatura	√	
6	Prueba de motor hidráulico e indicación de RPM	√	
7	Conformidad de bomba para operación en proceso	√	

### **h.- Prueba de Tolva dosificadora de Aluminio**

Para la conformidad de la tolva aluminio, verificar:

- Tolva por limpieza interna, libre de material extraño.
- Tener conformidad eléctrica de las conexiones de los sensores de nivel, sensor RPM, etc.
- Verificar con mano giro libre del sin fin.
- Abrir lentamente la válvula hidráulica del manifold.
- Verificar giro suave, y lectura correcta de RPM con cronómetro y panel.
- Probar con Aluminio la dosificación requerida para el proceso (4 kg).
- Efectuar el aforamiento de 800 gr/min y tomar nota de la lectura de RPM requerida.

- Terminado la prueba dejar limpia la tolva libre de aluminio y devolver la misma a producción.

#### **Prueba de la Tolva de aluminio.**

<b>Item</b>	<b>Descripción de trabajo</b>	<b>V°B°</b>	<b>Observaciones</b>
1	Verificar operación de dosificador libre de rozamiento	√	
2	Verificar operación de sensores nivel bajo y alto	√	Se cambia pos. Sensor bajo.
3	Verificar flujo de aluminio de 800 gr/min, req. Para proceso	√	Se corrige sin fin.
4	Verificar operación de motor Hidráulico en RPM mínimo	√	Se cambió motor. Corregido
5	Manga de llegada a blender	√	
6	Conformidad de tolva aluminio para operación	√	

#### **i.- Prueba de sistema de Microesferas.**

Para dar conformidad al sistema dosificación de microesferas verificar:

- Verificar ajuste de pernos parte interna de tolva ciclón, verificar limpieza.
- Tener conformidad eléctrica de conexión motor vacuomax, motor agitador tolva, conexión de sensor de nivel.
- Verificar ajuste de mangueras, revisión de estructura soportes y barandas.
- Verificar sentido de giro de vacuo Max, motor agitador, operación de electroválvulas del sistema, tomar amperajes.
- Prueba en vacío del sistema, verificando operación de válvula de control de vacuo Max.
- Solicitar caja de Micro esferas para prueba de jalado por vacío.

**Prueba de la Tolva Micro esferas.**

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Verificar operación de vacuo Max en vacío y carga	√	
2	Verificar operación de válvula de transferencia en auto	√	
3	Verificar agitación de tolva micro esferas	√	
4	Verificar operación de bomba dosificadora de micro esferas	√	Randolf
5	Verificar reporte de alarmas y RPM en panel.	√	
6	Operación de motor hidráulico y RPM en panel	√	
7	Operación automática del sistema Micro esferas y alarmas	√	
8	Conformidad de sistema Micro esferas para Operación	√	

**j.- Prueba de enfriador de placas**

- Verificar enfriador placas por anclaje y ajuste de pernos.
- Verificar ajuste de tuberías de línea de agua por fugas, revisar línea, habilitar tubería.
- Encender bomba y hacer recircular agua por enfriador, verificando alguna posible fuga.
- Verificar operación de termómetros en la línea de agua ingreso y salida de enfriador.

**k.- Pruebas de Tuberías de descarga de bomba del blender.**

Para liberar las tuberías de emulsión correspondiente al tramo desde la bomba de descarga allwailer SNP 380.2 hasta Rotaclip 1 y Rotaclip 2, silos, verificar:

- Limpieza interna de tubería en los tres tramos.
- Verificar ajuste de pernos de las bridas y empaques completos.
- Verificar línea de agua caliente en enchaquetado de tubería.
- Liberar soporte de tuberías, por correcto anclaje y ajuste.
- Verificar operación correcta de las válvulas de tres vías en el árbol de válvulas (4 und).
- Colocar brida ciega en la línea de emulsión al silo
- Proceder a llenar con agua limpia la tubería a probar, luego conectar bomba manual de prueba, probando el sistema a 200 PSI.

**Tuberías de emulsión**

Item	Descripción de trabajo	V°B°	Observaciones
1	Verificar operación de válvulas 3 vías del árbol.		
2	Prueba Hidráulica tubería de emulsión silo 3".		
3	Prueba Hidráulica tramo módulo - rotaclip 1		
4	Prueba Hidráulica tramo módulo - rotaclip 2		
5	Prueba de tubería de emulsión tramo Semexa.		

## CAPÍTULO VII

### COSTO DE LA PLANTA

Costos de la construcción de la planta de explosivos.

ITEM	COSTOS EN EL AREA DE DISOLUCIÓN	SOLES	DÓLARES
<b>1</b>	<b>Obras civiles</b>	<b>982,470.00</b>	<b>385,282.35</b>
	Construcción del área de disolución	850,000.00	
	Construcción de la trampa de grasa	17,500.00	
	Construcción de pedestales para indicadores de balanza	5,000.00	
	Demolición de chicana existente	9,500.00	
	Losa de concreto, fosa para instalación de tolva	73,520.00	
	Resanes y reparación de ambiente existente	13,300.00	
	Pintado y señalizado	13,650.00	
<b>2</b>	<b>Instalaciones Mecánicas</b>	<b>579,480.00</b>	<b>227,247.06</b>
	Desmontaje de equipos y tuberías existentes	25,700.00	
	Fabricación e instalación de 2 tanques de solución de acero Inoxidable y plataforma	97,350.00	
	Fabricación e instalación de tanque de agua con serpentín calentador	41,620.00	
	Viga monoriel y tecla de 2 tn de capacidad	97,850.00	
	Ampliación de nave para cargio de Nitrato de Amonio	95,650.00	
	Tendido de tuberías desde los tanques de disolución -filtro prensa-tanque pulmón	63,540.00	
	Bomba para trasvase de solución con sus respectivos sensores de seguridad	45,300.00	
	Guardas de inox. Para celdas de pesaje	5,700.00	
	Filtros de 2" tipo hayward	6,300.00	
	Cuchara tomamuestra de acero Inoxidable.	1,300.00	
	Tanque de condensado de 150 gl	13,520.00	
	Bomba de condensado de 3 HP	5,350.00	
	Coches para transporte de Nitrato de Amonio	25,750.00	
	Fabricación y montaje de Tanque pulmón de acero Inoxidable	47,750.00	
	Equipos	32,500.00	
<b>3</b>	<b>Instalaciones Eléctricas</b>	<b>84,490.00</b>	<b>33,133.33</b>
	Instalaciones de tablero de fuerza	19,560.00	
	Instalación de tablero de mando para arranque de los agitadores	5,600.00	
	Instalaciones eléctricas de alumbrado , mando y fuerza.	33,560.00	
	Celdas y terminales de pesajes para los tanques de disolución	25,770.00	
	<b>Total</b>	<b>1,646,440.00</b>	<b>645,662.75</b>

ITEM	COSTOS EN EL MODULO DE PREPARACION	SOLES	DÓLARES
<b>1</b>	<b>Obras civiles</b>	<b>1,059,800.00</b>	<b>415,607.84</b>
	Construcción del módulo de preparación	856,200.00	
	Construcción de parapetos ( h=4m, 11000m3).	45,000.00	
	Caseta para tablero de fuerza	7,700.00	
	Losa para torre de enfriamiento	3,500.00	
	Trabajos de Ingeniería( arquitectura , estructura)	62,400.00	
	Equipos	85,000.00	
<b>2</b>	<b>Instalaciones Mecánicas</b>	<b>928,940.00</b>	<b>364,290.20</b>
	Nave para instalación de módulo y tanques de aceite	125,800.00	
	Torre de enfriamiento	35,240.00	
	Fabricación e instalación de tanque de Solucipon Oxidante , aceite y plataforma	97,750.00	
	Tendido de tuberías de solución , combustibles ,agua, vapor.	95,000.00	
	Bombas SNP 750 ( 3 UND)	299,550.00	
	Enfriador de placas	176,400.00	
	Tanque de condensado	13,500.00	
	Bomba	5,500.00	
	Materiales y equipos	80,200.00	
<b>3</b>	<b>Instalaciones Eléctricas</b>	<b>261,327.00</b>	<b>102,481.18</b>
	Tablero de fuerza para el módulo	45,200.00	
	Instalaciones telefónicas	10,550.00	
	Pozos a tierra ( 3 UND)	7,500.00	
	Instalaciones de alumbrado, fuerza y mando	75,000.00	
	Transformador de 10KV/220,440.	47,800.00	
	Cable de energia NYY (125m)	37,500.00	
	Tendido eléctrico para tableros generales	37,777.00	
	<b>Total</b>	<b>2,250,067.00</b>	<b>882,379.22</b>

ITEM	COSTOS EN LA CASA DE FUERZA	SOLES	DÓLARES
<b>1</b>	<b>Obras civiles</b>	<b>554,250.00</b>	<b>217,352.94</b>
	Trabajos civiles para casa de fuerza	550,750.00	
	Caseta para tablero de Casa de fuerza	3,500.00	
<b>2</b>	<b>Instalaciones Mecánicas</b>	<b>288,050.00</b>	<b>112,960.78</b>
	Instalaciones Mecánicas ( instalación de tuberías de vapor , agua , condensado )	85,900.00	
	Compresor ,secador tanque pulmon de aire	26,800.00	
	Equipo ablandador de agua	17,850.00	
	Tanque desaerador de condensado ,sistema y tanque de purga de fondo , manifold	98,600.00	
	Equipos varios	58,900.00	
<b>3</b>	<b>Instalaciones Eléctricas</b>	<b>120,050.00</b>	<b>47,078.43</b>
	Tablero eléctrico para casa de fuerza	19,500.00	
	Tendido de energia eléctrica para casa de fuerza	30,000.00	
	Instalaciones electricas de fuerza,alumbrado ,pozo a tierra	70,550.00	
	<b>Total</b>	<b>962,350.00</b>	<b>377,392.16</b>

<b>TOTAL</b>	<b>4,858,857.00</b>	<b>1,905,434.12</b>
--------------	---------------------	---------------------

## CONCLUSIONES

Luego de realizar el presente informe se concluye lo siguiente:

- 1.- La seguridad es importante para trabajar dentro de una planta de explosivos siguiendo las normas tanto en la construcción como en la operación, en otras palabras todo está en manos del personal humano.
- 2.- La responsabilidad recae en forma estricta al personal humano, esto es importante para la revisión minuciosa en el ingreso de ellos en la planta.
- 3.- Las capacitaciones de sensibilización brindadas al personal involucrado en la operación son de suma importancia para su buen desempeño.
- 4.- La coordinación con el área de producción y el área de seguridad para realizar los trabajos en la construcción de la planta de emulsiones es de vital importancia.
- 5.- Las reuniones realizadas para planificar los trabajos sin que afecte el proceso productivo de la planta.

## **RECOMENDACIONES**

Como recomendación general para las pruebas en vacío y con agua, debe estar presente el supervisor de proyectos, supervisor de mantenimiento, personal de producción y en conjunto realizar un análisis de riesgo de las instalaciones antes de las pruebas y durante la permanencia de personal en el ambiente módulo de operación es obligatorio el uso de implementos de seguridad, tener presente la señalización establecida en planta y cumplir con los procedimientos de trabajo en el área de emulsiones.

Así mismo detallamos a continuación las recomendaciones de seguridad a tener presente para las diferentes maniobras en los tanques y módulos de producción, también se incluye las recomendaciones de operación del módulo, se indica todos los controles que tiene el módulo en el panel del operador.

### **1.- RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN EL TANQUE PULMÓN**

- Durante operación no tocar guarda del agitador.
- No levantar rejilla en tapa del tanque, riesgo por caída y quemadura.

- Mantener tapa del tanque cerrada cuando esté trabajando con producto. Abrir lentamente, puede contener vapores. Si opera con tapa abierta sujetar con seguro.
- En operación de Limpieza de tuberías (soplado), mantener tapa cerrada y no se acerque al tanque, tanto parte alta como baja por riesgo de salpicadura.
- Mantener limpio y seco plataforma de trabajo parte alta, escalera, riesgo por resbalo. La tapa debe estar libre de material extraño.
- Uso obligatorio de baranda al bajar o subir o bajar en plataforma parte alta.
- No subir al tanque sin arnés y autorización, durante operación de mantenimiento o limpieza.
- No tocar tanque, tubería sin aislamiento por riesgo de quemadura.
- Es obligatorio el uso de guantes, mandil, lentes durante la operación del tanque.
- Control diario de correcta operación de sensor de nivel, por nivel máximo de contenido en tanque.
- Control diario de correcta operación de seguridad bomba trasvase (Sensor de temperatura, sensor de presión, sensor de flujo).
- Toda fuga de vapor, hidráulico, solución oxidante debe ser reportado a mantenimiento y supervisión.

## **2.- RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD TANQUES DEL MÓDULO**

- No retirar rejilla de los tanques durante operación, riesgo de caída.
- Mantener tapas de tanque cerrada.

- Durante operación de soplado, no se acerque a los tanques, por salpicadura.
- No tocar partes del tanque, tubería sin aislamiento.
- Mantener limpio y seco plataforma metálica alrededor del tanque, libre de aceites, agua, etc.
- Reportar a Mantenimiento por fugas de vapor, solución por tuberías, para reparación inmediata.
- **Prohibido el ingreso de Montacargas**, salvo autorización y supervisión, usar carretilla hidráulica para acercar materiales a los tanques de ser necesario.
- Todos los tanques tienen alarma por sobre temperatura, la Temp. de trabajo debe ser prefijado según fórmula. **Al finalizar turno de trabajo, dejar cerrado la válvula manual de vapor**, para evitar sobrecalentamiento de tanque por si fallase el sistema de control.
- Nunca encender el agitador con tanque vacío, idem para el Tanque pulmón.
- En parte alta se dispone de parada de emergencia, extintor, para uso de ser necesario. En horario nocturno se debe activar lámparas de emergencia, lo cual debemos probar quincenalmente.

### **3.- RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN EL MÓDULO DE PRODUCCIÓN**

- No operar equipos sin guarda de protección (Matrix, blender, motores hids.).
- Mantener tapa del tanque Premix cerrado, solo abrir para inspección.
- Durante el soplado de tanques, no debe haber personal debajo de los tanques.

- Es obligatorio uso de casco, lentes, guantes, mandil.
- Mantener la tapa de tolva aluminio cerrado.
- No tocar las tuberías en general durante la operación de planta, están calientes.
- Mantener la plataforma, pisos, escaleras, libre de aceites y agua, riesgo de resbalamiento.
- No colocar objetos extraños sobre los equipos en general.
- Toda falla, fuga debe ser reportada a mantenimiento para corrección y reportar a supervisión.
- Uso de careta y mascarilla para maniobra de micro esferas y aluminio.
- Se dispone de para de emergencia en salida de módulo, en sala semexsa, extintores (2 und), lámparas de emergencia.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Luis Garmendia Bravo, El control de armas, munición y explosivos de uso civil en el Perú.
2. Explosivos Convensionales  
Exsa S.A.
3. Norma UNE 31024, Determinación de la velocidad de detonación de los explosivos, AENOR, Madrid, 1993.
4. IEES, International Society of Explosives Engineers, Blasters Handbook, Cleveland, 1998.
- 5.- Mechanical Engineering Desing  
McGraw – Hill Series in Mechanichal Engineering  
Joseph Edward Shigley, 1988.
- 6.- Instituto de la Grasa (CSIC).
- 7.- Manual Standard del Ingeniero Electricista  
A.E. KKnowlton  
Editorial Labor, S.A. Barcelona- Madrid

# Planos

**PLANOS**

P&D Tuberías e Instrumentación.

Tanque Pre-capá.

Escalera del Tanque pre-capá.

Tanque Pulmón \_Estructura.

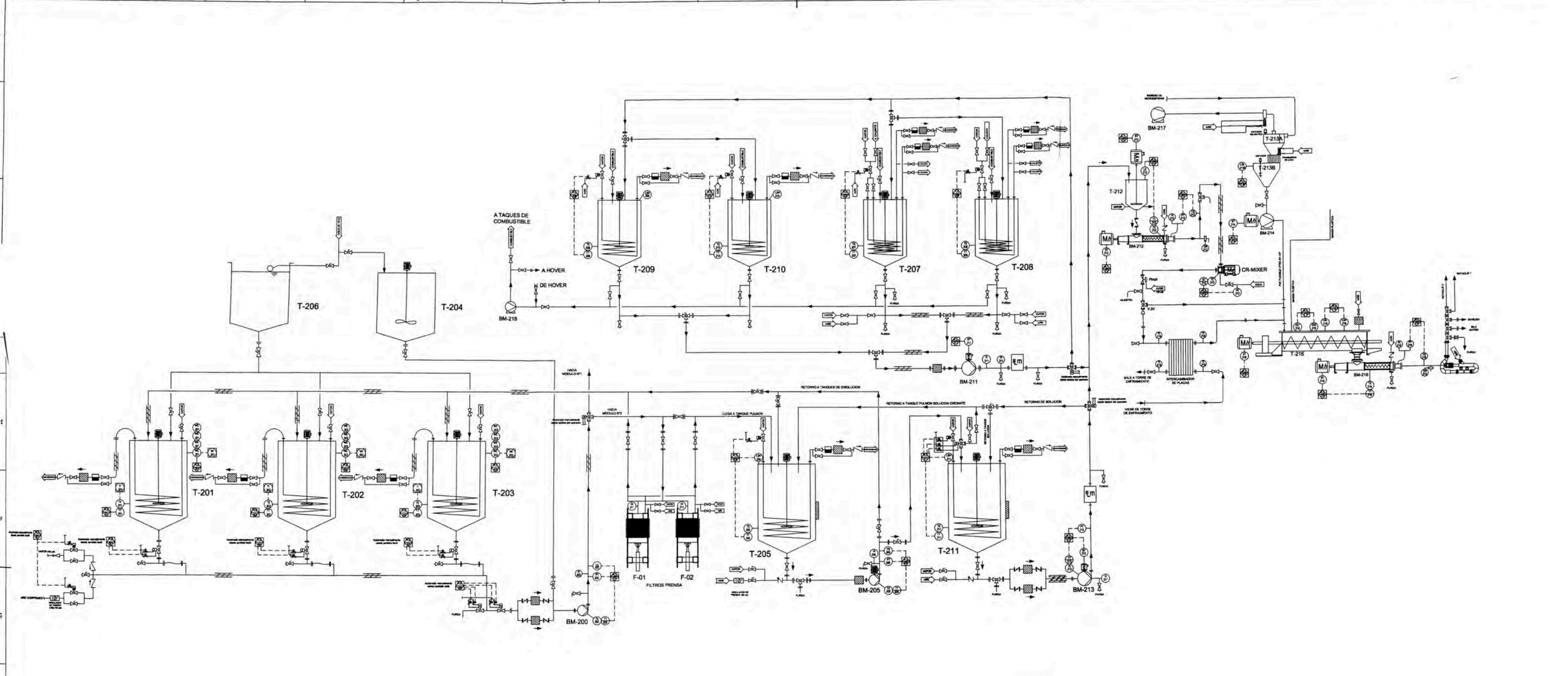
Tanque Pulmón Aislamiento.

Tanque Pulmón \_ Disposición general.

Tanque de Disolución Estructura.

Tanque de Disolución \_ Aislamiento.

Tanque de Disolución \_ Disposición General.



TE	SEÑAL DE TEMPERATURA
TT	TRANSMISOR DE TEMPERATURA
TI	INDICADOR DE TEMPERATURA
SE	SEÑAL DE VELOCIDAD
ST	TRANSMISOR DE VELOCIDAD
LSH	SWITCH DE NIVEL ALTO
LSL	SWITCH DE NIVEL BAJO
LE	SEÑAL DE NIVEL
PT	TRANSMISOR DE PRESION
PI	INDICADOR DE PRESION
PLC	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE
ZSI	SWITCH DE POSICION
ZSI	SWITCH DE POSICION
RTD	TERMISTOR
F3	SWITCH DE FLUJO
DR	DISCO DE RUPURA

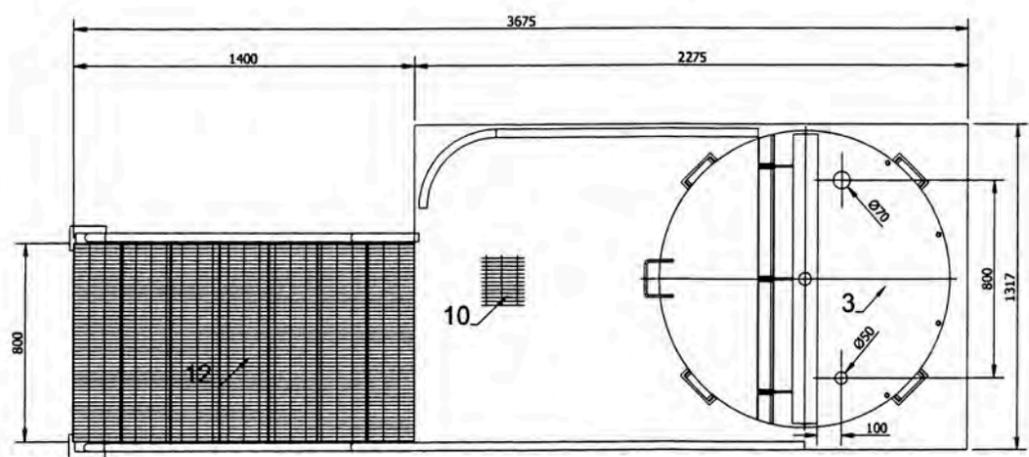
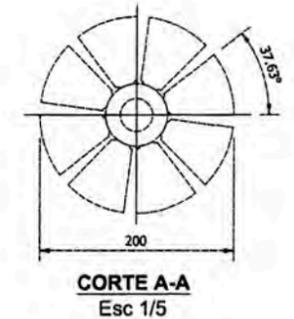
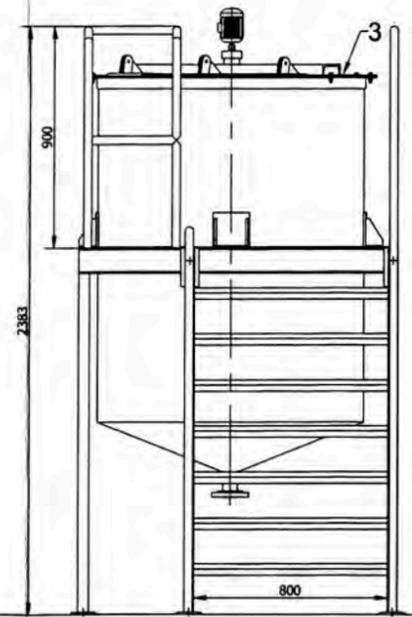
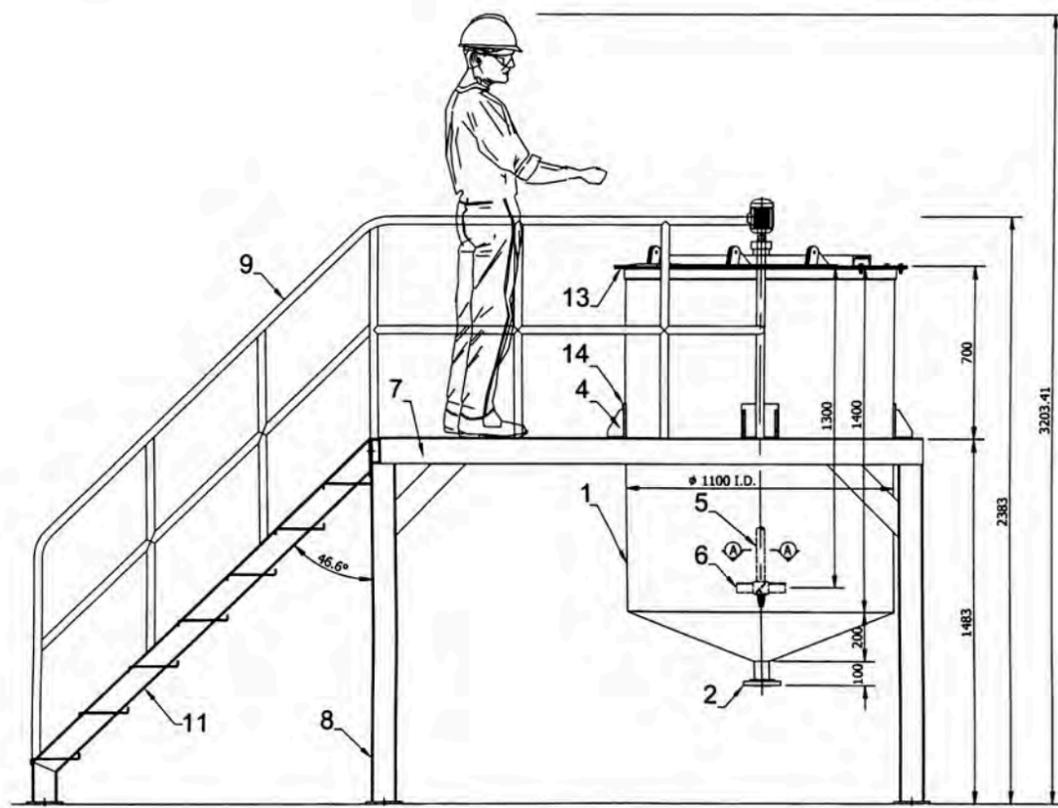
MA	MOTOR HIDRAULICO
ME	MOTOR ELECTRICO

TIPOS DE LINEAS PARA REPRESENTAR SEÑALES		
---	Proceso Alimentación	
- - - -	Señal Eléctrica	
---	Señal Neumática	

T-201 Tanque de solución N°1	T-202 Tanque de solución N°2	T-203 Tanque de solución N°3	T-204 Tanque solución	T-205 Tanque solución	T-206 Tanque de agua
T-207 Tanque solución	T-208 Tanque solución	T-209 Tanque solución	T-210 Tanque solución	T-211 Tanque solución	T-212 Tanque solución
T-213A Tanque solución	T-213B Tanque solución	T-214 Tanque solución	T-215 Tanque solución	T-216 Tanque solución	T-217 Tanque solución

BM-200 Bomba solución	BM-205 Bomba solución	BM-211 Bomba solución
BM-212 Bomba solución	BM-213 Bomba solución	BM-214 Bomba solución
BM-215 Bomba solución	BM-216 Bomba solución	BM-217 Bomba solución
BM-218 Bomba solución		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Nº DOCUM.	DESCRIPCION	Nº	FECHA	DESCRIPCION	DIB	FIR	APR	Nº	FECHA	DESCRIPCION	DIB	FIR	APR
REFERENCIAS		REVISIONES				REVISIONES							



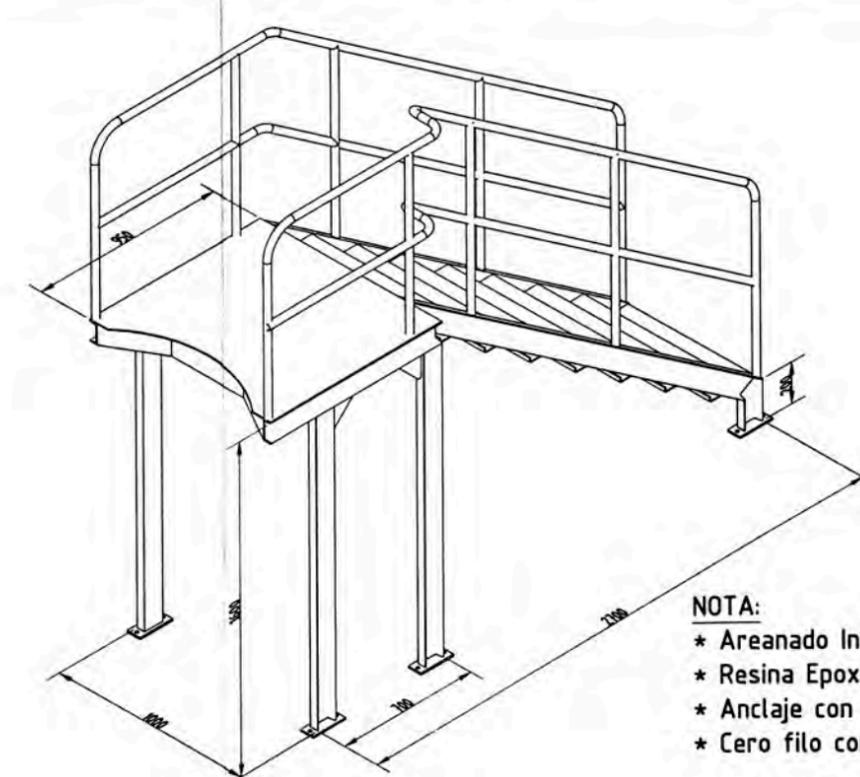
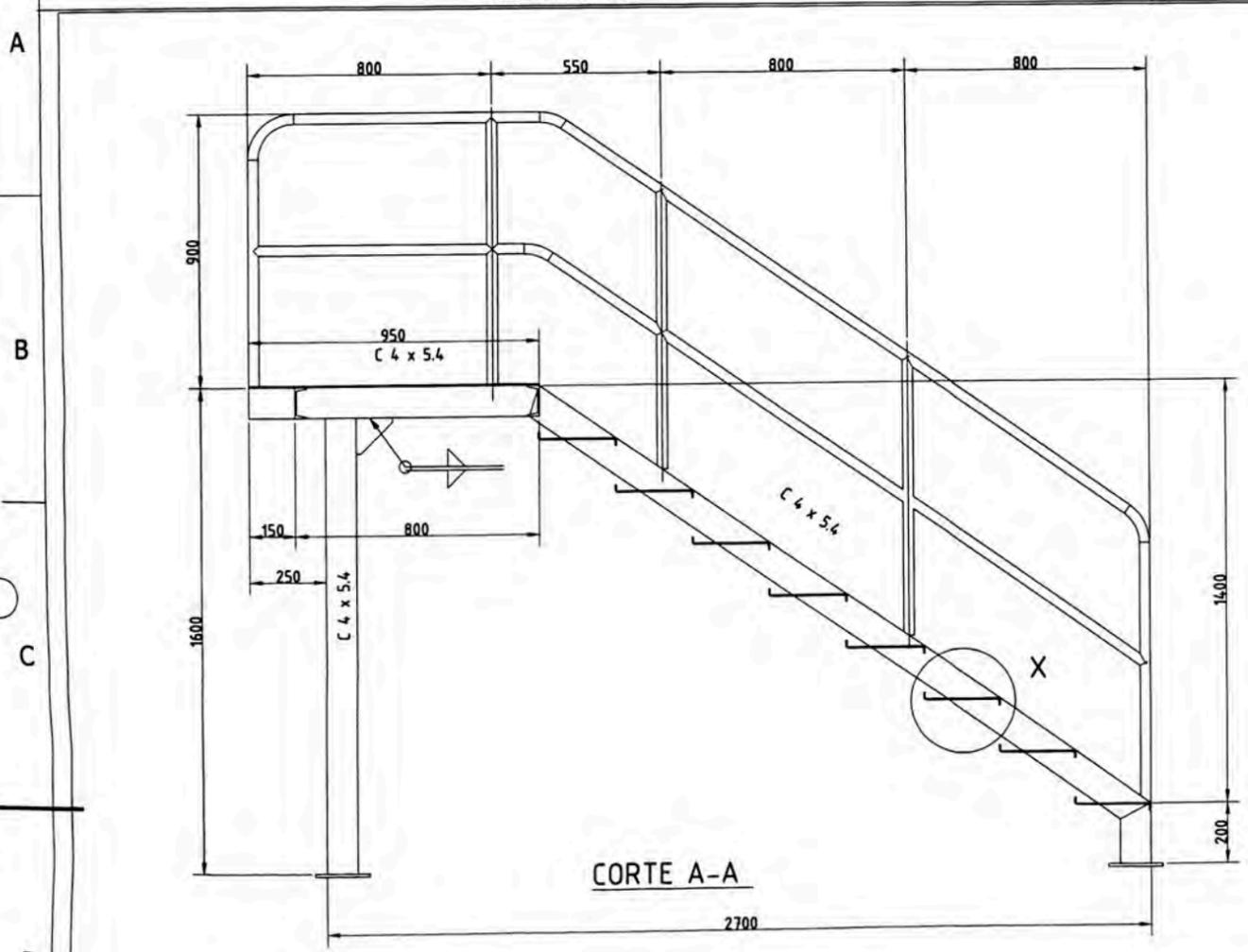
ITEM	DESCRIPCION	ESPECIFICACION	CANTIDAD
1	CUERPO	AC. INOX C-304 - ESP. 1/8"	1
2	BRIDA DESCARGA	INOX D.N.2" x 150 PSI	1
3	TAPA	AC. INOX C-304 -ESP 1/8"	1
4	SOPORTES APOYO	AC. INOX C-304 - ESP. 3/8"	4
5	EJE AGITADOR	TUBO INOX D.N.1"	1
6	PALETAS AGITADORAS	AC. INOX C-304 - ESP. 3/16"	8
7	ESTRUCTURA PLATAFORMA PRINCIPAL	AC. A36 -PERFIL "C" (4" x 8#)	1
8	ESTRUCTURA PLATAFORMA REFUERZOS	AC. A36 -PERFIL "C" (4" x 8#)	4
9	BARANDA DE PROTECCION	AC. A53 -TUBO D.N. 1"	1
10	PISO DE ESTRUCTURA TIPO REJILLA	AC. A36 - PLATINA 1" x 1/8" Y BARILLA DE 3/8" Ø	1
11	ESTRUCTURA DE ESCALERA	AC. A36 - PERFIL "C" (4" x 8#)	2
12	PELDAÑOS DE ESCALERA	AC. A36 - PLATINA 1" x 1/8" Y BARILLA DE 3/8" Ø	6
13	REFUERZO SUPERIOR	AC. INOX C-304 - 1 1/2" x 1/4"	1
14	REFUERZO PLANUELA DE LOS SOPORTES	AC. INOX C-304 - ESP. 1/4"	4

NOMBRE	FECHA	UNIDAD : mm
PROYECTA : EXSA S.A.	11-10-18	ESCALA : 1/20
DISEÑA : INGENIERIA		FORMATO : A2
DIBUJA : Cesar Ruiz		FECHA : 11-10-18
1RA REVISIÓN :		MODIFIC. :
2DA REVISIÓN :		REEMPLAZA :
APRUEBA :		PROYECTO Nº

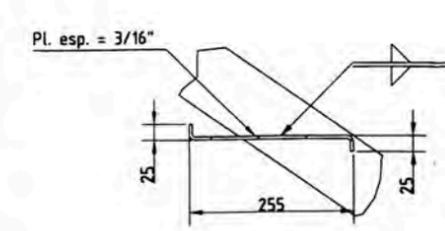
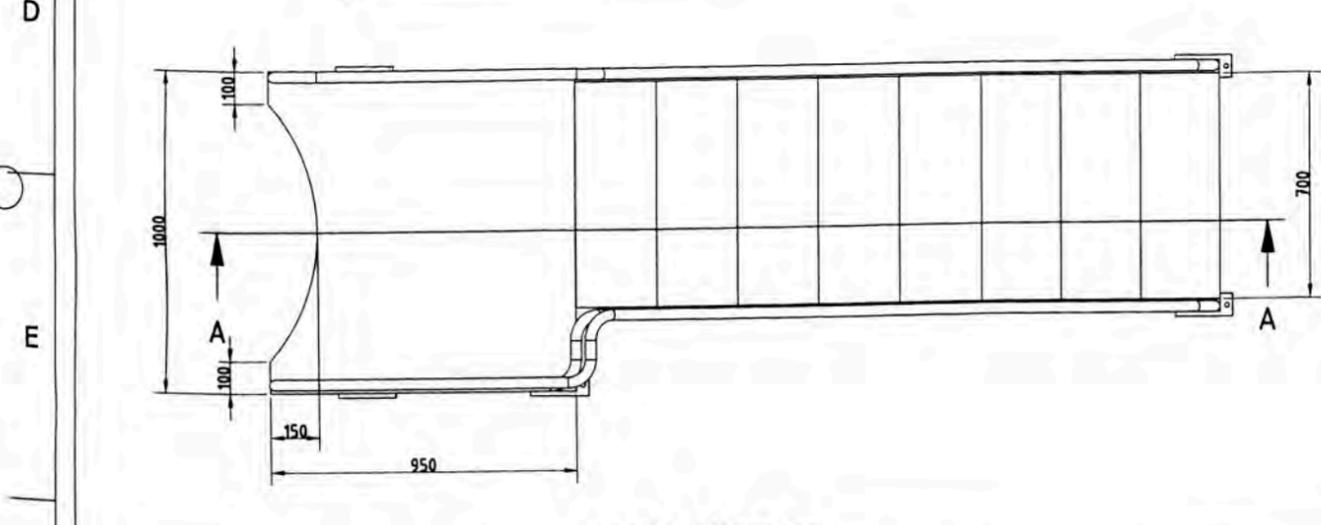


PLANO :	NÚMERO DE PLANO
TANQUE PRECAPA - ENSAMBLE	-----
PROYECTO :	EDICION: 01   HOJA: 1/1
AMPLIACION PLANTA EMULSIONES	APROVADO

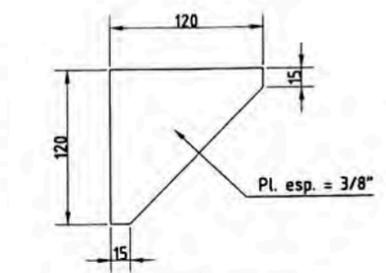
1	2	3	4	5	6	7	8				
DESCRIPCION			Nº	FECHA	DESCRIPCION			DIB	FIR	APR	
REFERENCIAS			REVISIONES								



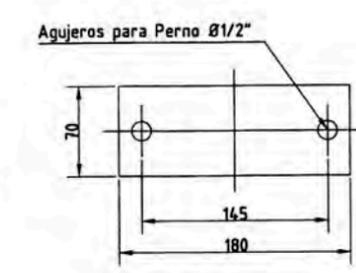
**NOTA:**  
 \* Areanado Industrial  
 \* Resina Epoxica Gris EXSA  
 \* Anclaje con Perno Inox.  
 \* Cero filo cortante



DETALLE X



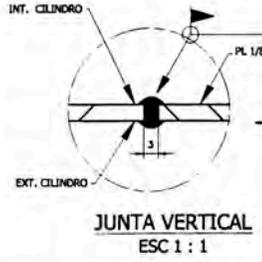
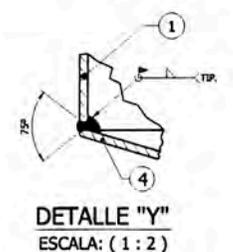
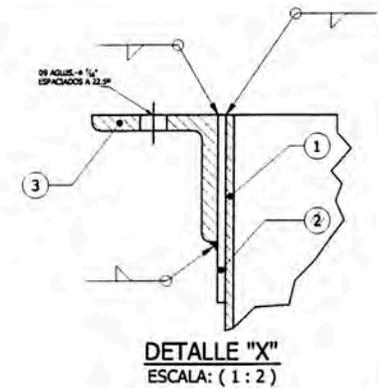
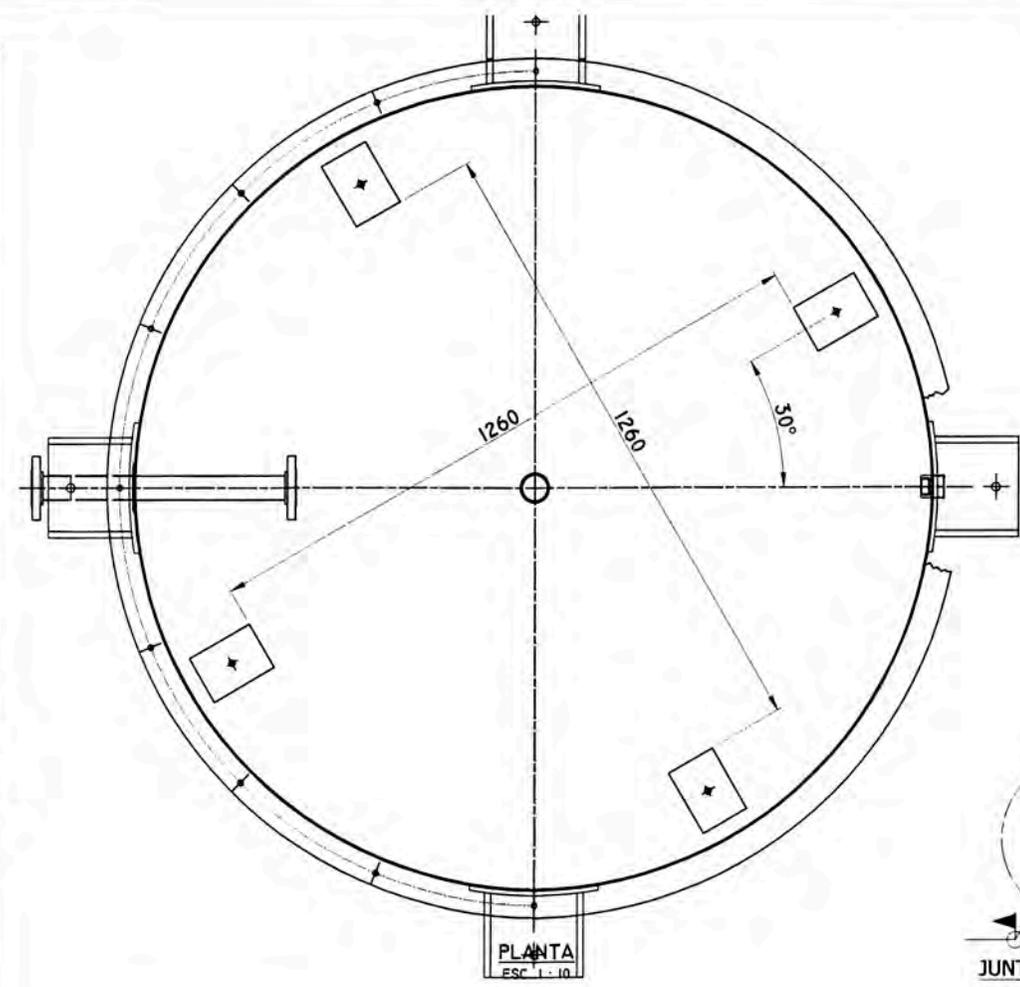
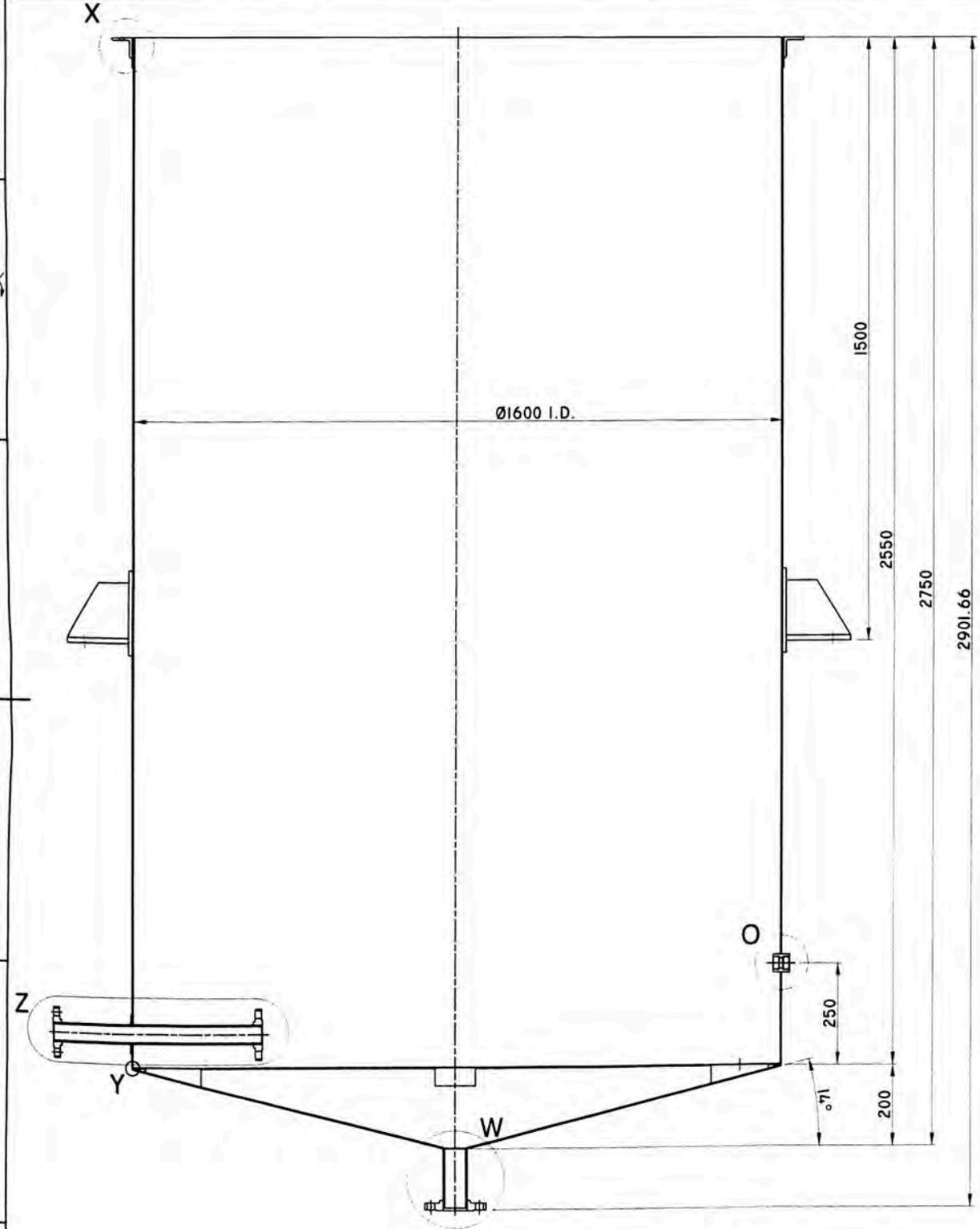
DETALLE DE REFUERZO



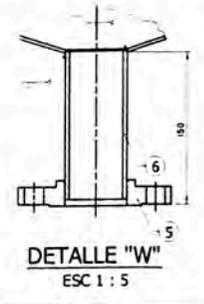
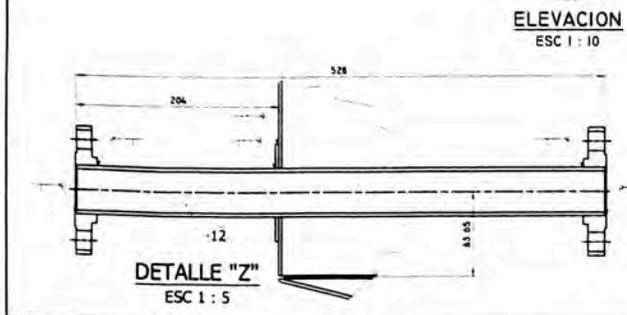
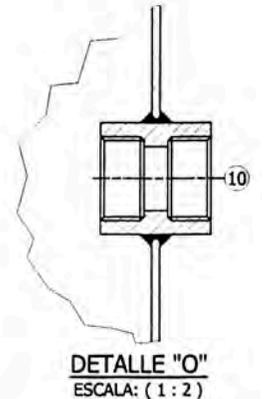
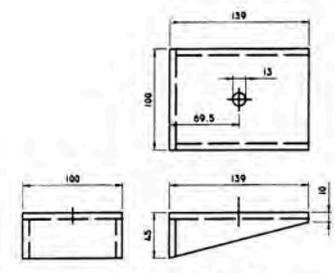
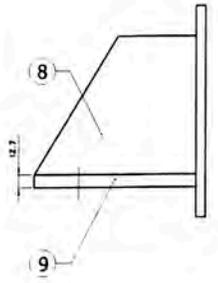
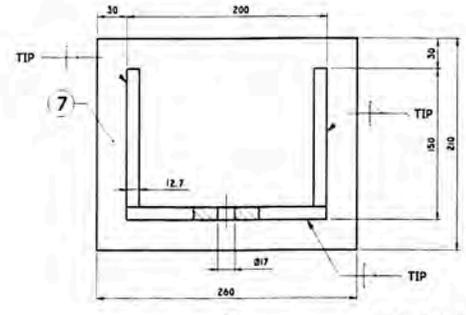
DETALLE DE PL. BASE

F	NOMBRE		FECHA	UNIDAD : mm		PLANO :	NÚMERO DE PLANO
	PROYECTA : EXSA S.A.			ESCALA : ND		ESCALERA PARA TANQUE PRE-CAPA	■■■■■
	DISEÑA : INGENIERÍA			FORMATO : A3	<b>AMPLIACIÓN PLANTA EMULSIONES</b>	EDICION: 01 HOJA: 1/1 REVIZAR	
	DIBUJA : Cesar Ruiz			FECHA : 11-10-18			
	1RA REVISIÓN :			MODIFIC. :			
	2DA REVISIÓN :			REEMPLAZA:			
	APRUEBA :			PROYECTO Nº			
NOTAS							

1		3	4	5	6	7	8	9	10				
N° DOCUM.	DESCRIPCION	N°	FECHA	DESCRIPCION	DIB	FIR	APR	N°	FECHA	DESCRIPCION	DIB	FIR	APR
	REFERENCIAS			REVISIONES						REVISIONES			



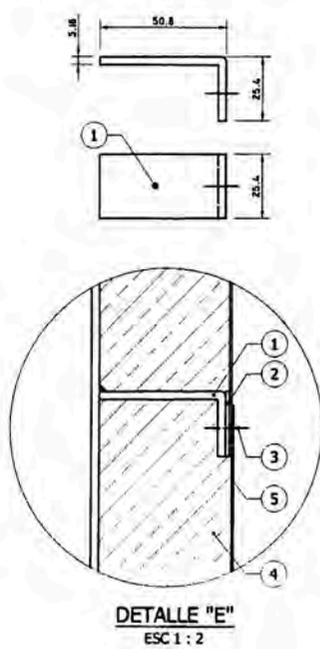
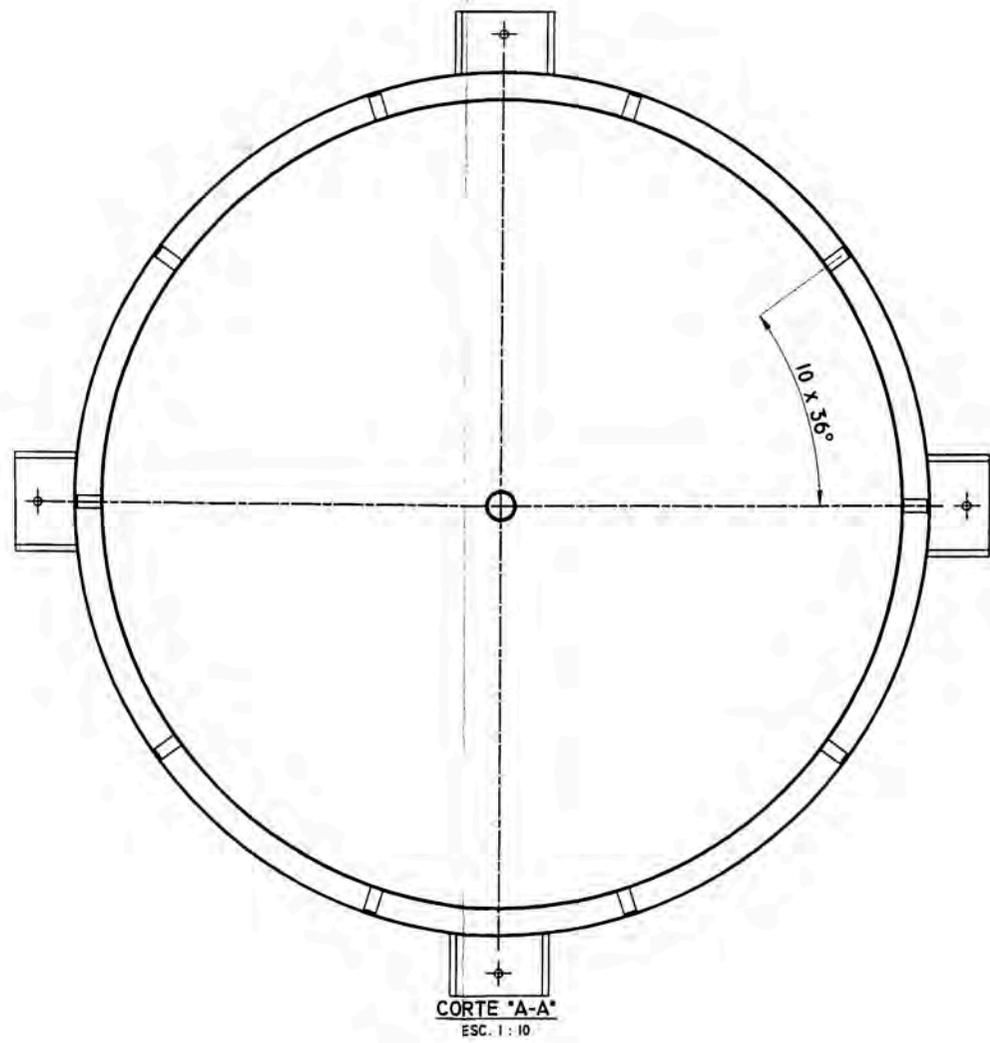
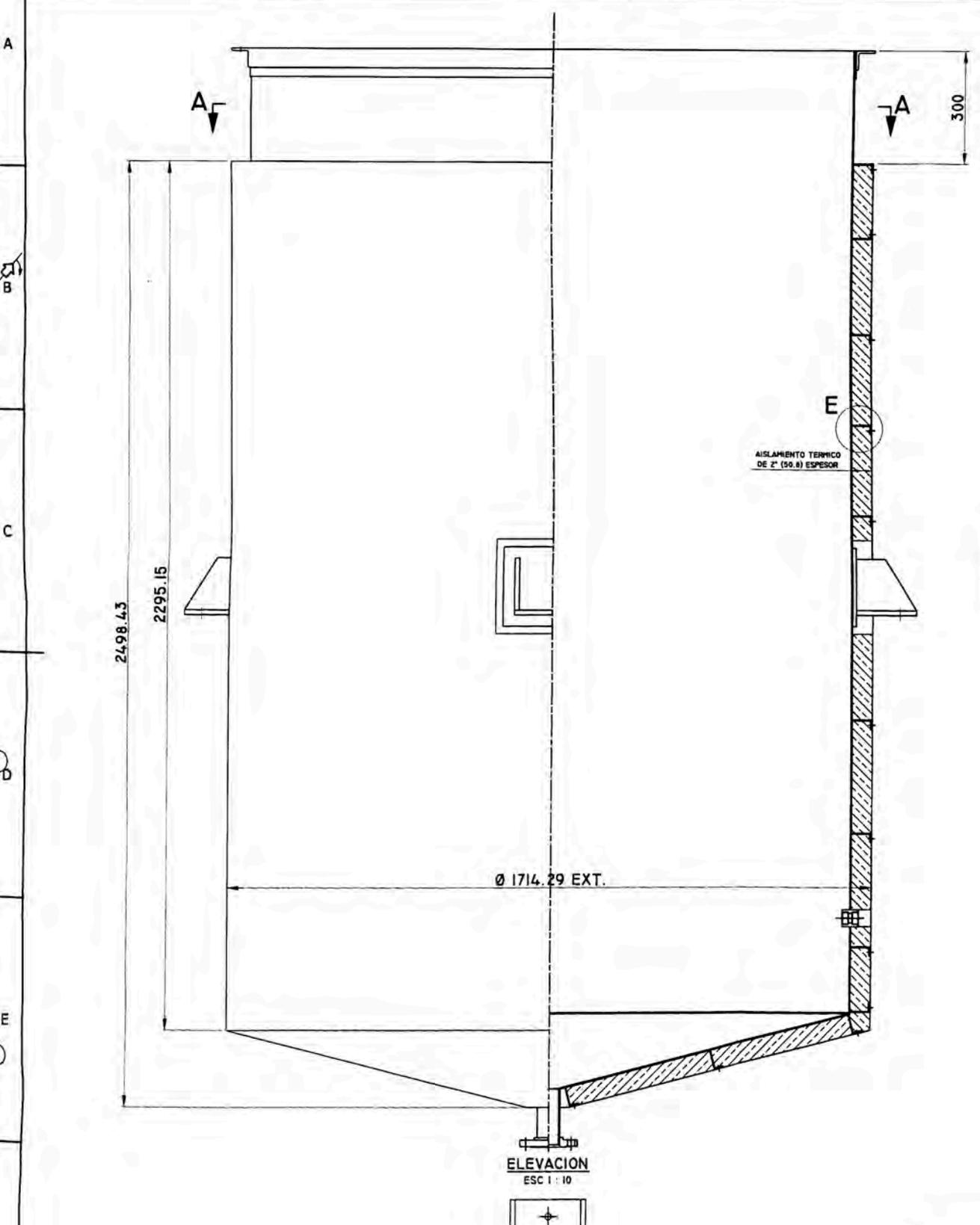
DET. TIP. DE SOLDADURA UNIONES DEL CILINDRO



12	TRANSMISION PARA SALIDA DE CONDENSADO	1	2" x 150 PSI S. TUBO INOX-304	7.3 kg															
11	SOPORTE BASE PARA SERPENTIN	4	PL 1/8" - INOX - 304	3.5 kg															
10	CONEXION PARA TERMOCUPLA	1	COPLA SOLD. #1" NPT-INOX 304	0.22 kg															
9	APOYO/SOPORTE	4	PL 1/2" - INOX - 304	3.1 kg															
8	APOYO/SOPORTE	8	PL 1/2" - INOX - 304	1.6 kg															
7	APOYO/SOPORTE	4	PL 1/2" - INOX - 304	3.1 kg															
6	TUBO DE DESCARGA	1	TUBO 2" SCH 40 - INOX - 304	0.77 kg															
5	BRIDA DE DESCARGA	1	BRIDA 2" x 150 LBS. - INOX - 304	2.30 kg															
4	FONDO CONICO DEL TANQUE	1	PL 1/8" - INOX - 304	51.0 kg															
3	BRIDA DEL CUERPO	1	L 2" x 1/4" - INOX - 304	25.0 kg															
2	ANILLO REFORZADO DEL CUERPO	1	PL 1/8" - INOX - 304	12.21 kg															
1	CUERPO CILINDRICO	1	PL 1/8" - INOX - 304	118.0 kg															

DISEÑADO POR: [ ] DIBUJADO POR: [ ] REVISADO POR: [ ] APROBADO POR: [ ]  
 ESEA Cesar Ruiz  
**INGENIERIA**  
 PLANO: TANQUE PULMON SOLUCION ESTRUCTURA N° PLANO: [ ]  
 PROYECTO: AMPLIACION PLANTA EMULSIONES EDICION: [ ] 1/3

N° DOCUM.		DESCRIPCION		N° FECHA		DESCRIPCION		DIB FIR APR N° FECHA		DESCRIPCION		DIB FIR APR	
REFERENCIAS						REVISIONES				REVISIONES			



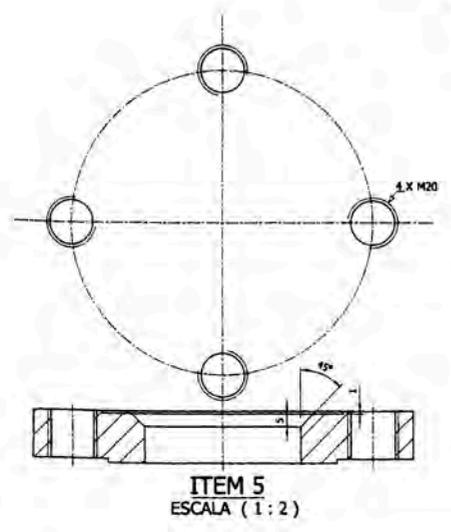
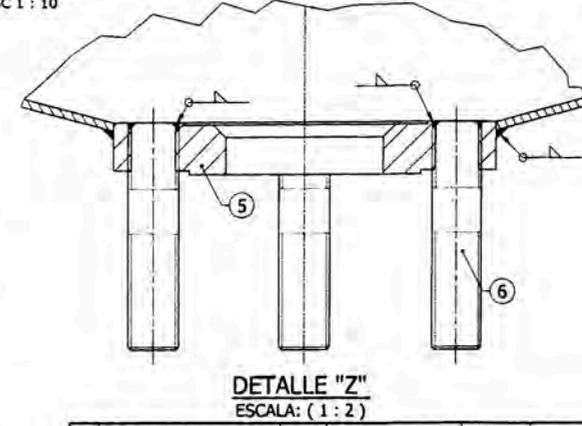
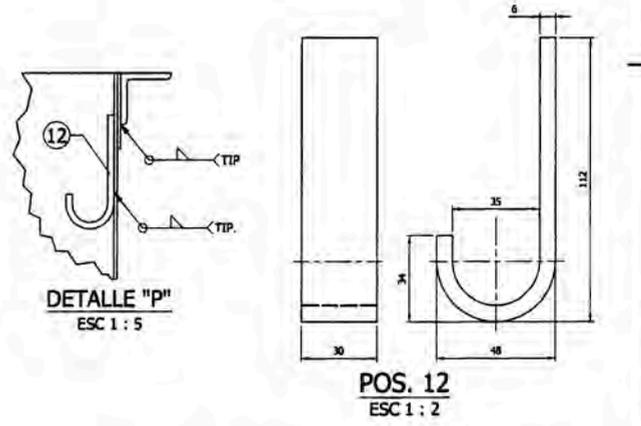
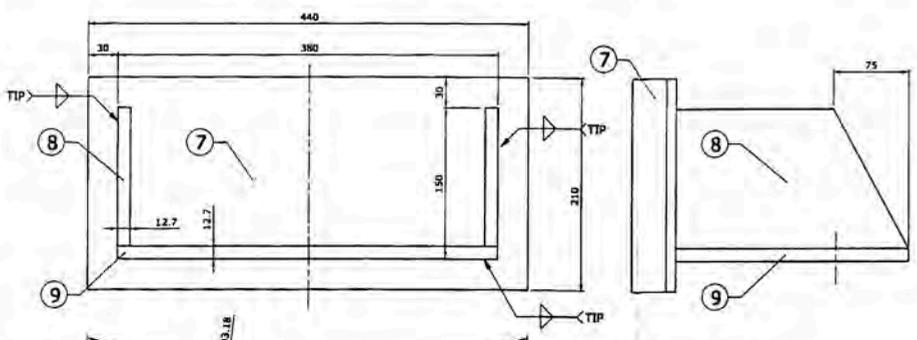
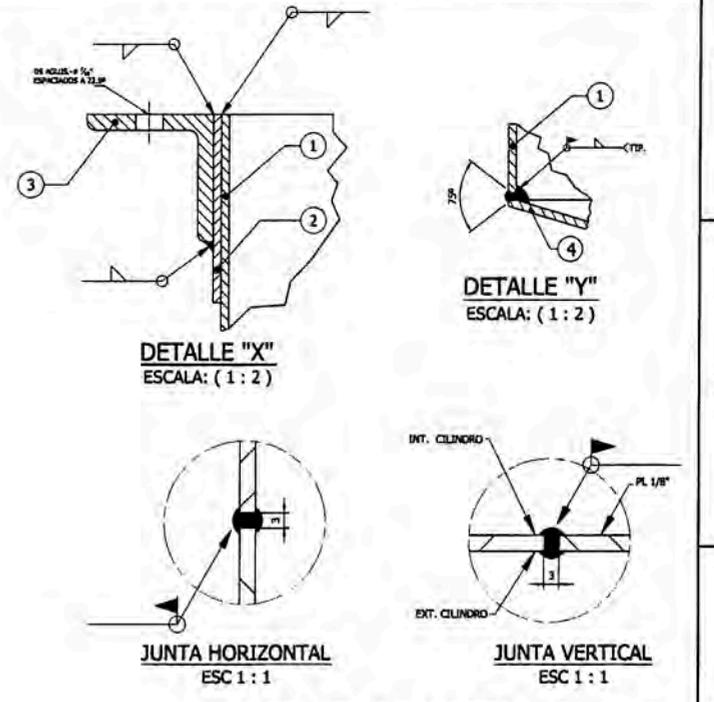
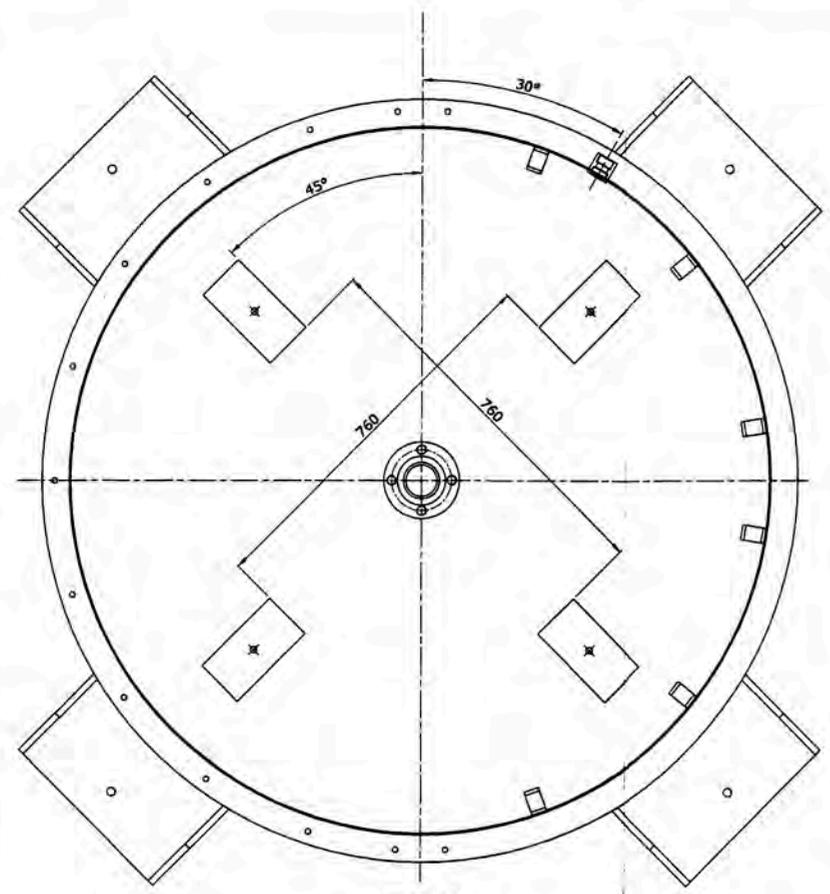
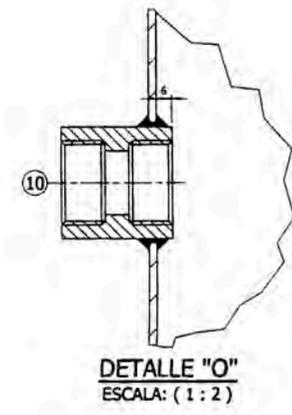
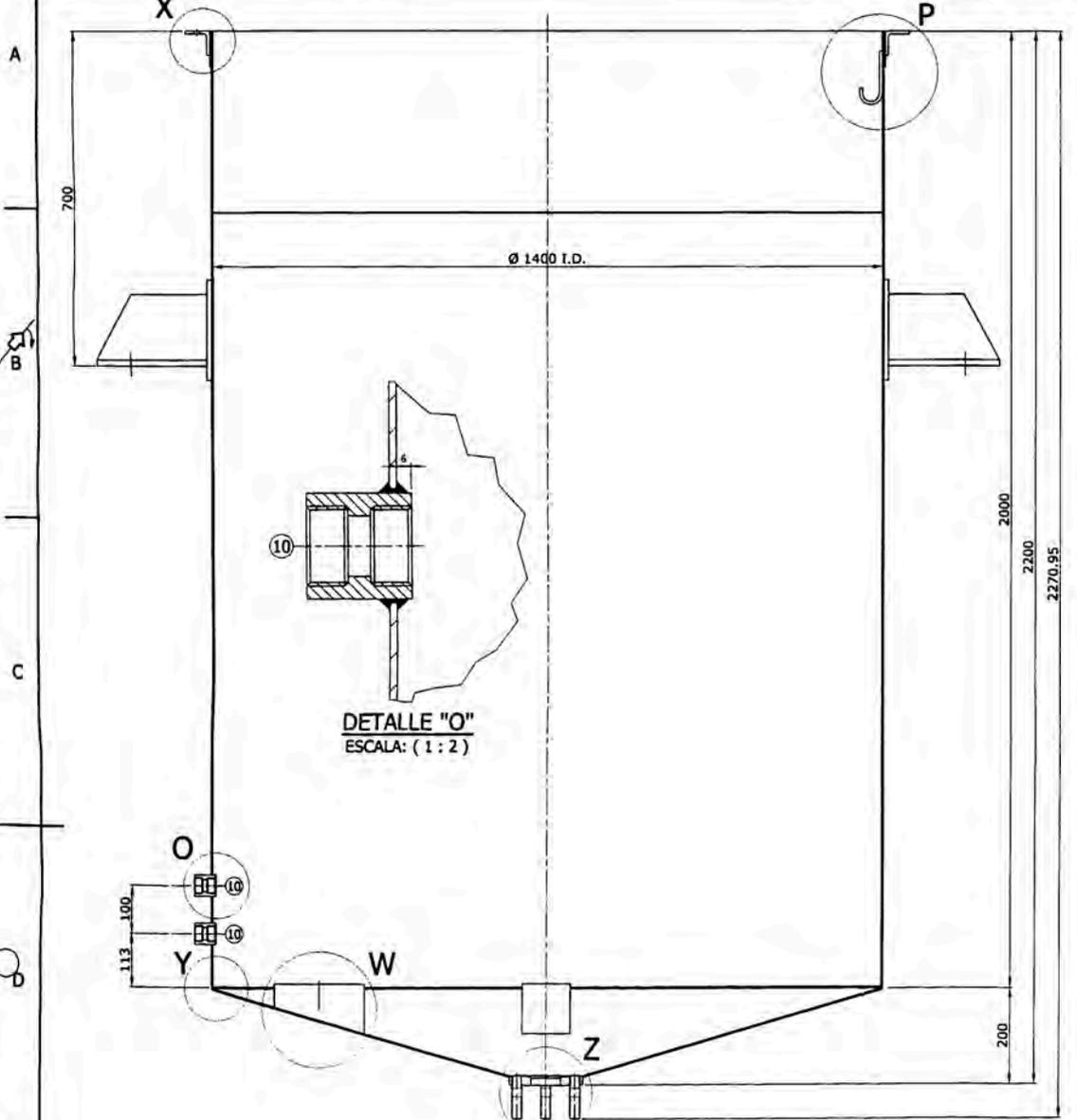
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PESO APROX.	OBSERVACION	NOTAS
1	FORRO EXTERIOR DEL AISLAMIENTO		PL. 1/20" (4 x 8) INOX MATE			
2	AISLAMIENTO TERMICO		LANA MINERAL			
3	TORNILLO AUTOPERCUTANTE	88	NC. 1/4" - INOX - 304			
4	PLATINA DE APOYO	7	PL. 1/4" x 1" - INOX - 304			
5	APOYO PARA CHAQUETA	88	L. 2" x 1/2" - INOX - 304			

COD. ALM.	N° PARTE	MATERIAL	TRAT. TERMICO	RUGOSIDAD
EJE	AGUJERO	LOSETILLAS	ANGULAR	CHAVETA Y CHAVETA
TOLERANCIAS GENERALES				

DISEÑADO POR: EUSA	DIBUJADO POR: Clear Ruiz	1ª REVISOR POR:	2DA REVISOR POR:	APROBADO POR:
PLANO: TANQUE PULMON SOLUCION AISLAMIENTO TERMICO Y FORRO EXT.				N° PLANO
PROYECTO: AMPLIACION PLANTA EMULSIONES				EDICION: ... / 2/3



1	3	4	5	6	7	8	9	10					
Nº DOCUM.	DESCRIPCION	Nº	FECHA	DESCRIPCION	DIB	FIR	APR	Nº	FECHA	DESCRIPCION	DIB	FIR	APR
REFERENCIAS			REVISIONES				REVISIONES						



12	APoyo PARA REJILLA	8	PL. 1/4" x 30 x 140 - INOX-304	1,8 kg																
11	SOPORTE BASE PARA SORVENTIN	4	PL. INOX - 304	3,5 kg																
10	COPLA SOLDABLE PARA INSTRUMENTACION	2	D.N. 1" - INOX - 304	0,25 kg																
9	APoyo/SOPORTE	4	PL. 1/2" x 259 x 380 - INOX-304	6,25 kg																
8	APoyo/SOPORTE	8	PL. 1/2" x 259 x 150 - INOX-304	2,96 kg																
7	APoyo/SOPORTE	4	PL. 1/2" x 447,5 x 210 - INOX-304	5,33 kg																
6	ESPARANAO ANARRE DE CONTRABANDA	1	M20 x 90 Long. - INOX 304	0,28 kg																
5	BRIDA DE DESCARGA	1	2" x 150 PSI - INOX - 304																	
4	FONDO CURVO DEL TANQUE	1	PL. 1/2" - INOX - 304	63 kg																
3	BRIDA DEL CUERPO	1	L. 2" x 1/4" - INOX - 304	22 kg																
2	ANILLO REFORZO DEL CUERPO	1	PL. 1/2" - INOX - 304	8,95 kg																
1	CUERPO CILINDRICO	1	PL. 1/2" - INOX - 304	219 kg																

INGENIERIA

TANQUE DE DISOLUCION ESTRUCTURA

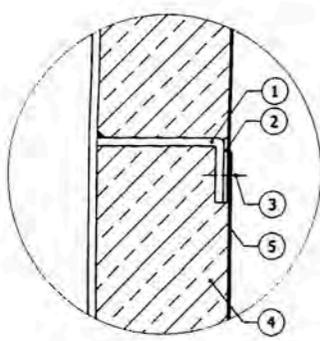
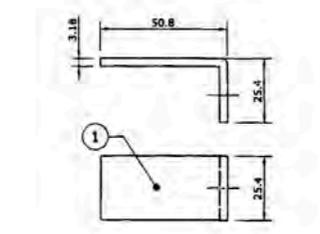
AMPLIACION PLANTA EMULSIONES

Nº PLANO

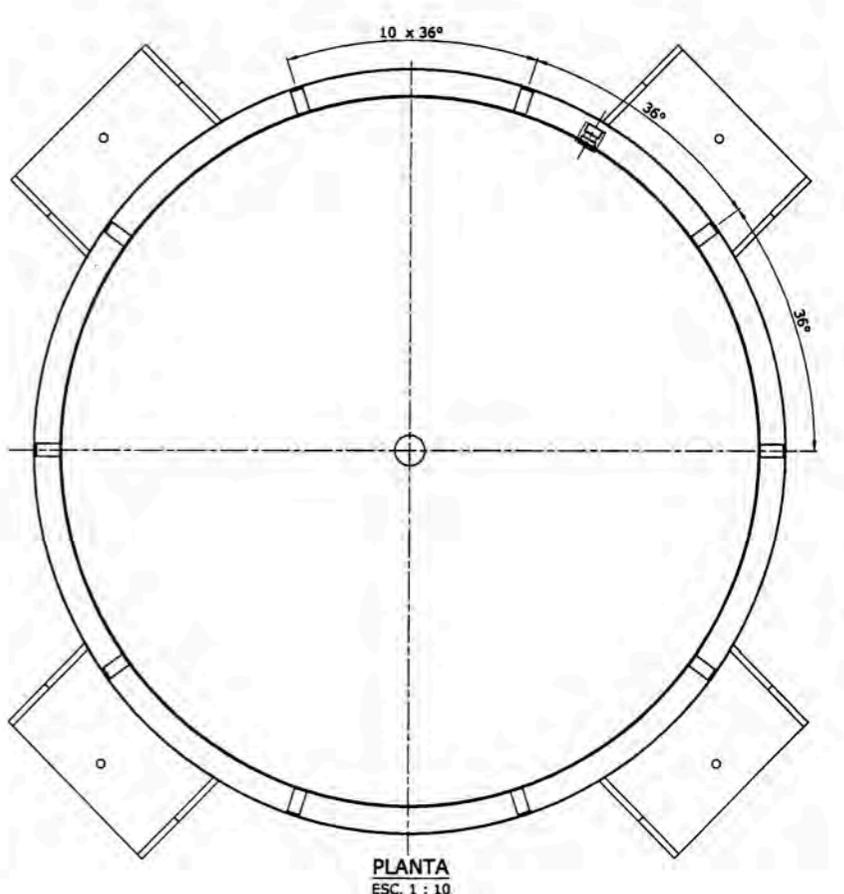
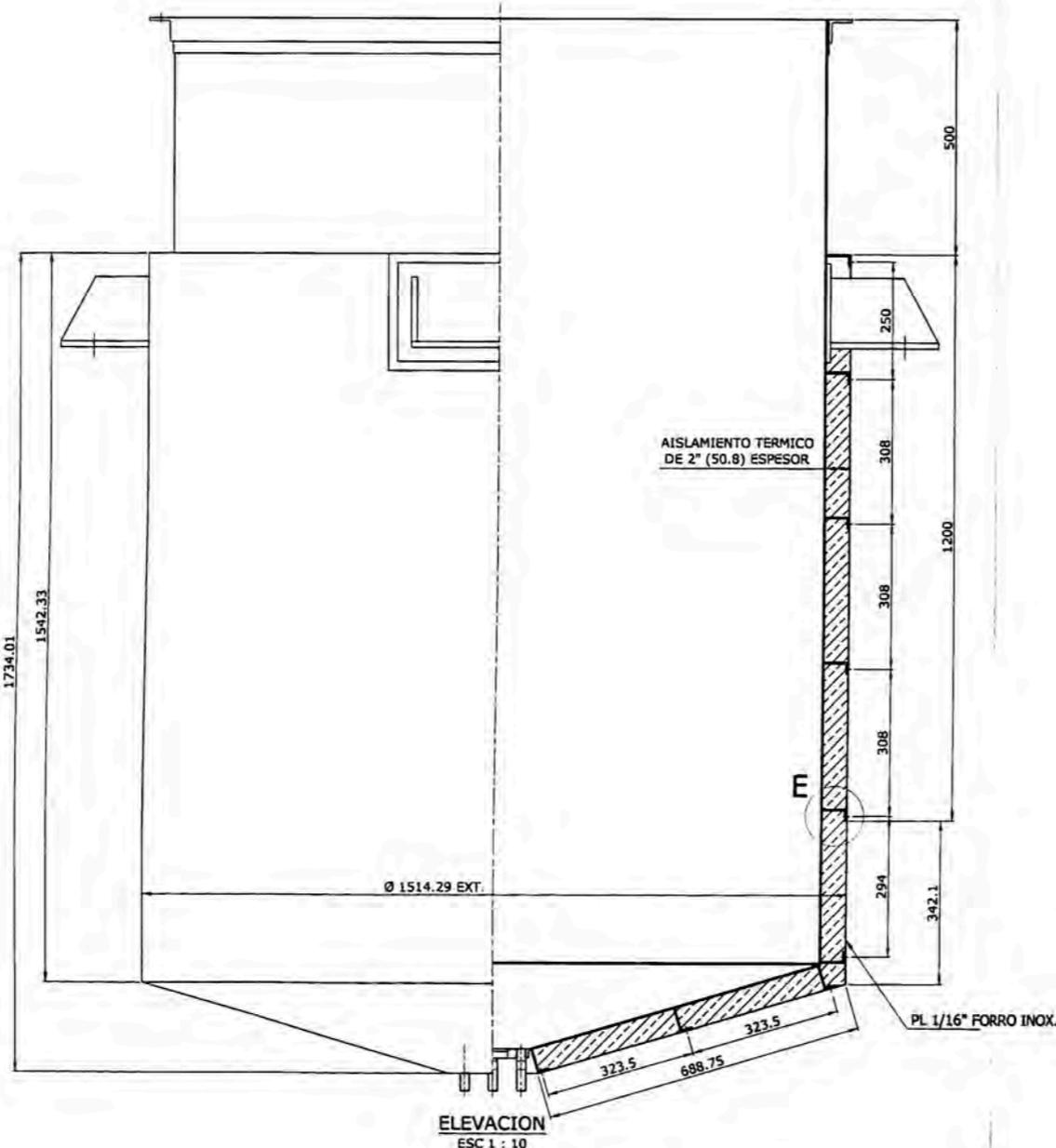
FECHA RES: 12-01-25

PROYECTO:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
N° DOCUM.	DESCRIPCION	N°	FECHA	DESCRIPCION	DIB	FIR	APR	N°	FECHA	DESCRIPCION	DIB	FIR	APR
	REFERENCIAS			REVISIONES						REVISIONES			



DETALLE "E"  
ESC 1 : 2



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	PESO APLIC.	OBSERVACION	NOTAS
5	FORRO EXTERIOR DEL AISLAMIENTO		PL. 1/20" (4" x 8") INOX MATE			
4	AISLAMIENTO TERMICO		LANA MINERAL			
3	TORNILLO AUTORNOSCANTE	90	MC 3/8" - INOX - 304			
2	PLATINA DE APOYO	6	PL. 1/2" x 1" - INOX - 304			
1	APOYO PARA CHAQUETA	90	L. 2" x 1/2" - INOX - 304			

DESIGNADO POR	ELABORADO POR	1ª REVISION POR	2ª REVISION POR	APROBADO POR
ESJA	Clear Ruiz			

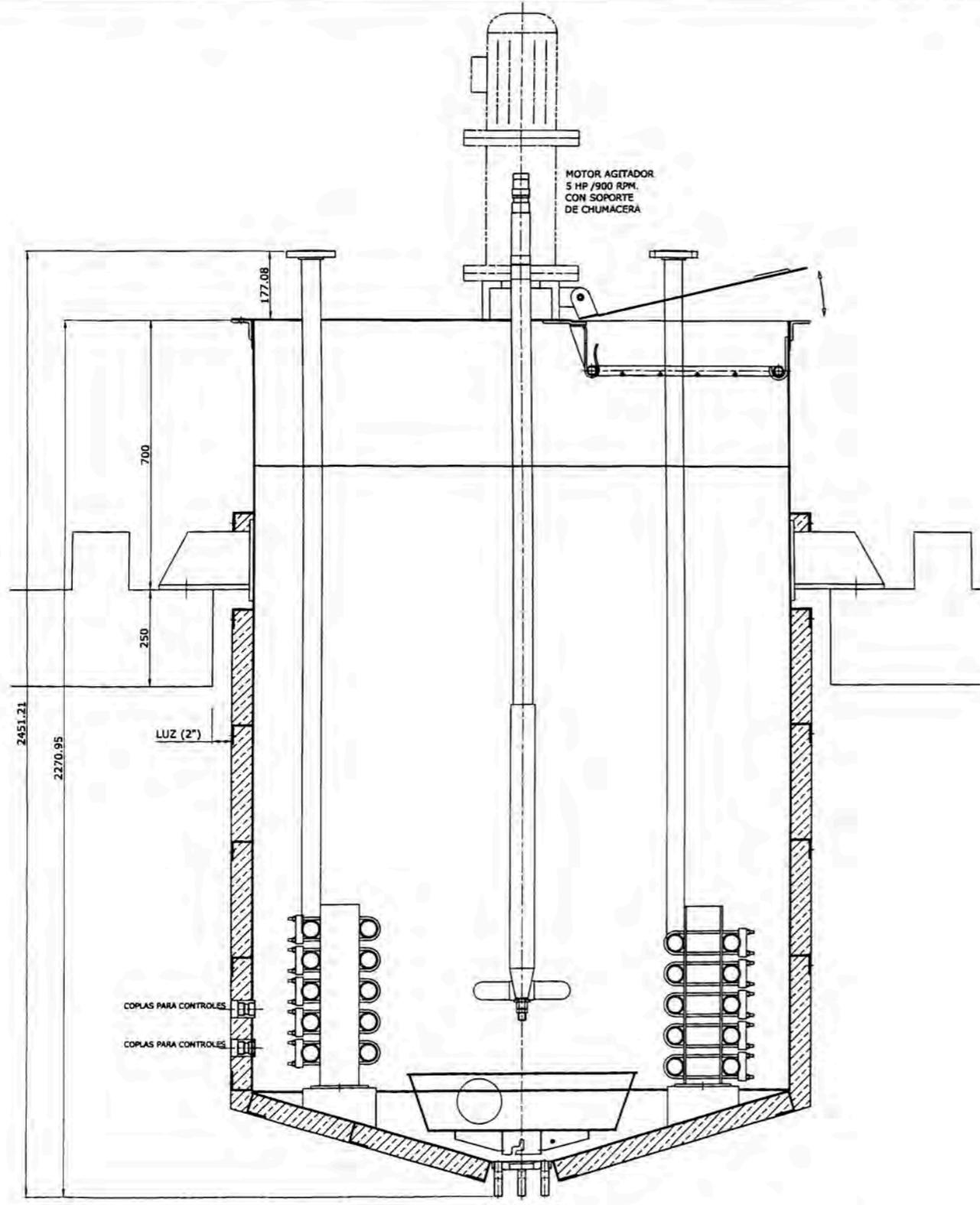
COD. ALM.	N° PARTE	MATERIAL	TRAT. TERMICO	RUGOSIDAD
				UNIDAD : mm
				ESCALA : .....
				FORMATO : A-2
				FECHA RES : 12-01-23
				ACTUALIZ : .....
				HOOP : .....
				NORMA CONVISO

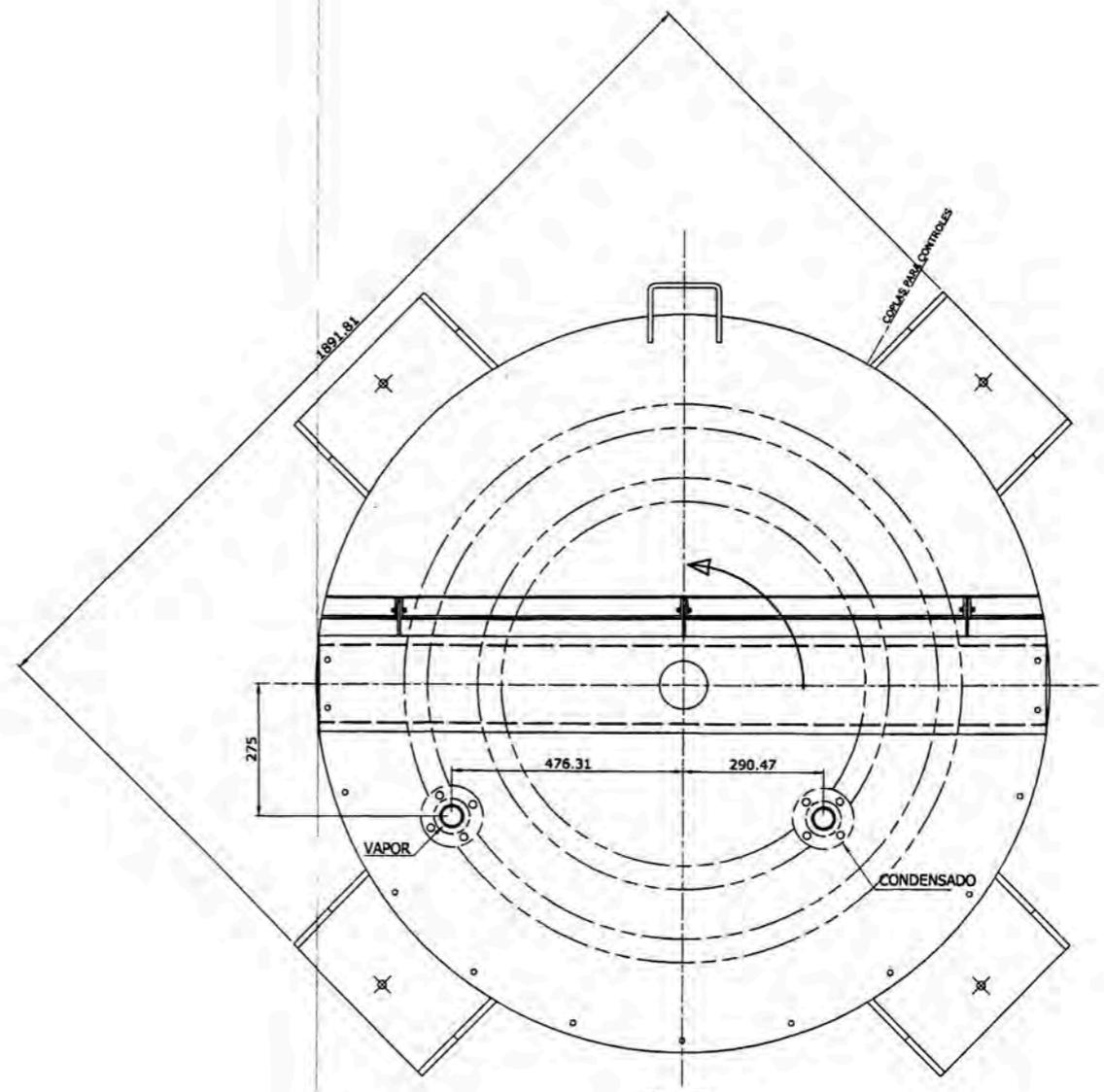
PROYECTO:	TANQUE DE DISOLUCION	N° PLANO
	AISLAMIENTO TERMICO CON FORRO EXT.	01
PROYECTO:	AMPLIACION PLANTA EMULSIONES	EDICION: 01



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
N° DOCUM.		DESCRIPCION		N°	FECHA	DESCRIPCION		REVISIONES						
REFERENCIAS						DIB	FIR	APR	N°	FECHA	DESCRIPCION		REVISIONES	



ELEVACION  
ESC 1 : 10



PLANTA  
ESC. 1 : 10

DISEÑADO POR		DIBUJADO POR		1ª REVISIÓN POR		2ª REVISIÓN POR		APROBADO POR	
EUSA		Cesar Ruiz							
COD ALP.	N° PARTE	MATERIAL	TRAT. TERMO		RUGOSIDAD				
UNE	AGUIERO	LONGITUD	ANILLO	CHAVILAS Y CHAVILLO	ESCALA				
TOLERANCIAS GENERALES					FORMATO : A-2				
					FECHA REG : 12-01-25				
					ACTUALIZ				
					MODIF				
					NORMA DISEÑO				
PROYECTO:		TANQUE DE DISOLUCION		DISPOSICION GENERAL		N° PLANO			
AMPLIACION PLANTA EMULSIONES						EDICION: 01		2/2	