

# **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**



## **INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL:  
"DISEÑO DE EQUIPO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS  
PLUVIALES"**

**EMPRESA: LACTEOS DE CHIAPAS S.A. DE C.V.**

**ASESOR INTERNO: M.I. RODOLFO ISABEL COELLO ALBORES.**

**ASESOR EXTERNO: ING. JUAN LUIS ALEGRIA DIAZ.**

**PRESENTAN:**

**GARCÍA HERNÁNDEZ ALEJANDRO.**

**RAMOS SANDOVAL JUAN FRANCISCO.**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 14 de Diciembre del 2015

## INDICE

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1 Justificación .....	7
1.2 Objetivo general.....	8
1.2.1 Objetivos particulares .....	8
1.3 Metas .....	8
1.4 Metodología .....	8
CAPITULO 2. INFORMACION SOBRE LA EMPRESA .....	10
2.1 Antecedentes de la empresa .....	10
2.2 Misión.....	10
2.3 Visión .....	10
2.4 Políticas de calidad.....	10
2.5 Localización del área de trabajo.....	11
CAPITULO 3. SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA PLUVIAL ACTUALES .....	12
3.1. Sistemas de captación.....	12
3.2. Medios de captación .....	12
3.2.1 Techos.....	12
3.2.2 Techos cuenca.....	13
3.2.3 Suelo.....	14
3.3 Sistemas de Conducción .....	15
3.3.1 Tipos y características de canaletas .....	15
3.3.1.1 Canaletas de madera .....	15
3.3.1.2 Canaletas de aluminio .....	16
3.3.1.3 Canaletas de cobre.....	16
3.3.1.4 Canaletas de acero.....	17
3.3.1.5 Canaletas de Poli cloruro de Vinilo.....	17
3.3.1.6 Canaletas con malla .....	17
3.4 Almacenamiento .....	18
3.4.1 Tipos y características de sistemas de almacenamiento de agua .....	18
3.4.1.1 Tanques de ferrocemento.....	19
3.4.1.2 Tanques prefabricados.....	21
3.5 Filtración.....	22

3.5.1 Tipos y características de filtros .....	23
3.6. Ventajas y desventajas .....	25
3.7 Análisis .....	26
CAPITULO 4. LA SITUACION DEL AGUA EN BERRIOZABAL CHIAPAS .....	27
4.1 Características climáticas de la región .....	27
4.2 Selección del caso de estudio .....	27
4.3 Aplicación de normas y estándares .....	29
4.4 Análisis de capítulo.....	30
CAPITULO 5 CRITERIOS DE DISEÑO.....	32
5.1 Materiales para recipientes a presión.....	32
5.2 Especificaciones de los aceros. ....	32
5.3 Clases de materiales.....	33
CAPITULO 6 MEMORIA DE CÁLCULO.....	36
6.1 Cálculo para las dimensiones de los filtros.....	36
6.1.1 Filtro suavizador.....	36
6.1.2 Filtro Multicama.....	37
6.1.3 Filtro carbón activado.....	38
6.2 Calculo de espesores.....	38
6.2.1 Filtro Multicama.....	40
6.2.1.1 Espesor del filtro:.....	40
6.2.1.2 Pesos del filtro .....	41
6.2.1.3 Por viento .....	42
6.2.1.4 Por sismo:.....	43
6.2.1.5 Por vibración: .....	43
6.2.2 Filtro de carbón activado .....	45
6.2.2.1 Espesor del filtro.....	45
6.2.2.2 Pesos del filtro: .....	45
6.2.2.3 Por viento: .....	46
6.2.2.4 Por sismo:.....	47
6.2.2.5 Por vibración: .....	48
6.2.2.6 Por carga: .....	48
6.2.3 Filtro Suavizador .....	49

6.2.3.1	Espesor del filtro:	49
6.2.3.2	Pesos del filtro:	50
6.2.3.3	Por viento:	50
6.2.3.4	Por sismo:	51
6.2.3.5	Por vibración:	52
6.2.3.6	Por carga:	52
7.1	Filtro multicama	54
7.1.1	Capas del filtro multicama:	54
7.1.1.1	Antracita	54
7.1.1.2	Arena N°8 (0.59-0.15 mm)	54
7.1.2.3	Arena N°7 (1.0 – 0.6 mm)	55
7.1.2.4	Grava	55
7.1.2.5	Mallas de acero inoxidable	55
7.1.2.6	Placas Crepinas	55
7.1.3	Finalidad del filtro multicama	55
7.2	Filtro de carbón activado	56
7.2.1	Carbón activado	56
7.2.2	Mallas de acero inoxidable	57
7.2.3	Finalidad del filtro de carbón activado	57
7.3	Filtro suavizador	57
7.3.1	Resina	58
7.3.2	Grava silica	58
7.3.3	Mallas de acero inoxidable	58
7.3.4	Finalidad del suavizador	58
7.4	Funcionamiento de los equipos	59
8.1	Área para captación en los techos	61
8.2	Consideraciones de diseño	61
8.3	Canaletas en los techos	62
8.3.1	Dimensionamiento de la canaleta	62
8.3.2	Materiales de la canaleta	66
8.3.3	Instalación de la canaleta	66
8.3.4	Mantenimiento de la canaleta	67

8.4 Conductores .....	67
8.4.1 Dimensionamiento de los conductores .....	67
8.4.2 Materiales de los conductores .....	70
8.4.3 Instalación de los conductores .....	71
8.4.4 Mantenimiento de los conductores .....	71
8.5 Vistas principales de las naves.....	71
8.6 Vistas por sección del sistema .....	74
8.7 Cálculo de la bomba ideal .....	81
8.8 TwinOxide .....	86
8.8.1 Sistema de suministro de dióxido de cloro avanzada.....	87
8.8.2 Dosis muy eficiente y la desinfección del agua .....	87
CAPITULO 9 ANALISIS DE FACTIBILIDAD.....	88
9.1 Objetivo .....	88
9.2 Análisis de costo .....	88
9.3 Periodo de retorno de inversión .....	89
9.4 Costo/ Beneficio .....	89
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	91
Índice de Tablas .....	92
Índice de figuras .....	92
Índice de anexos.....	94
FUENTES DE INFORMACION .....	95

## CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida. Todas las personas, animales y plantas necesitamos agua para vivir y crecer. En el caso particular del hombre, el agua es primordial para el desarrollo de muchas actividades productivas. Sin embargo, en numerosos lugares del mundo, la población no cuenta con el agua necesaria para mantener un nivel de vida aceptable.

Es común encontrar que sectores importantes de la población, deben recorrer grandes distancias para recolectar el agua disponible, la cual no siempre es potable. Cuando la población no cuenta con el agua necesaria para la vida diaria, se enfrenta a muchas dificultades y está en peligro de contraer enfermedades graves, pero cuando una comunidad tiene acceso al agua potable en forma fácil y segura, la salud de todos es notablemente mejor. Con base en esta problemática de escases del recurso hídrico para las generaciones actuales y futuras; se propone la captación de agua de lluvia en varios lugares con media y baja precipitación, como fuente alterna de abastecimiento.

La lluvia es un fenómeno natural que se presenta cada año con distintas intensidades y distribución de acuerdo a la ubicación geográfica. Es el medio más importante de abastecimiento de agua dulce para el planeta y del cual se obtienen las reservas de agua, después de hacerlas pasar por un proceso de potabilización.

El agua se requiere para realizar una gran cantidad de actividades humanas y generalmente se hace mal uso de ella. El agua de lluvia puede utilizarse en una gran cantidad de estas actividades que no necesariamente necesiten agua de la red de suministro público. La escasez de agua va en aumento cada año convirtiéndose en un tema de preocupación mundial, por el cual la propuesta de un sistema que permita un suministro adicional de agua es una opción muy viable.

La principal causa para que se realicen investigaciones en este campo, es la necesidad de la empresa de contar con fuentes alternativas de dotación de agua, el proyecto pretende contribuir parcialmente durante la escasez de agua en la empresa Lácteos de Chiapas donde el suministro público aún no está disponible, mediante la propuesta de un sistema de captación de agua pluvial.

## 1.1 Justificación

La escasez de agua dulce es uno de los problemas más graves de los recursos naturales que enfrenta la humanidad. El siglo XXI ha sido llamado el “Siglo del Agua”, unos 2,000 millones de habitantes en el mundo se enfrentan hoy con escasez de agua, siendo esta la principal causa por la cual el 15% de la población mundial presenta algún grado de desnutrición. Estos cambios son resultado de la contaminación que el planeta está sufriendo y que van en aumento por el crecimiento poblacional, la explotación de los recursos sin un programa para renovarlos y el desecho de materiales no biodegradables y que afectan el equilibrio del medio ambiente.

El consumo de agua por persona en poblaciones urbanas en México alcanza los 345 litros diarios, de los cuales el 65% proviene de aguas subterráneas. Uno de los problemas más graves es que cerca de 100 acuíferos del país registran sobreexplotación, algunos de estos acuíferos tienen periodos de renovación muy largos por lo cual se les considera como aguas no renovables, de acuerdo con los datos de CONAGUA del total de la precipitación anual solamente el 5.4% se filtra recargando así los acuíferos. Lo cual pone en riesgo las fuentes de abastecimiento para las ciudades y el campo. Los datos de 2014 registran que cerca de tres millones doscientos mil de habitantes urbanos carecen de servicio de agua potable; por lo demás, la calidad del líquido es muy variada en las diferentes ciudades; depende, en buena medida, del nivel de desarrollo institucional de los organismos operadores.

La necesidad de agua en el estado de Chiapas se ha incrementado en los últimos años. Un medio para poder abastecerse de agua es traerla mediante pipas y llenar tinacos, botes y todo tipo de contenedores. Al captar y almacenar el agua pluvial se auto suministra un recurso tan preciado como lo es el agua y que está considerado como no renovable. Con el hecho de almacenar la mayor cantidad de agua pluvial nos da una reserva muy útil para aprovecharla en diversas actividades durante un tiempo considerable. Los problemas para llevarla hasta cada una de las casas van en aumento por el costo de los materiales y construcción de nuevos pozos, siendo que no se cuenta con los recursos económicos suficientes para llevarlo a cabo.

El recolectar agua de lluvia tiene beneficios ecológicos como son prevenir la erosión, elimina charcos y corrientes de agua, reduce la acumulación de sales en la tierra. Dentro de las investigaciones que realiza FAO (Food and Agriculture Organization) se encuentra que el uso de múltiples sistemas para la obtención de agua proporciona beneficios tanto ecológicos como culturales para el bienestar de la comunidad, como son: control de las inundaciones, recarga de acuíferos, captación de agua, purificación de agua y conservación de la biodiversidad.

## **1.2 Objetivo general**

Diseñar un equipo de tratamiento de aguas pluviales captadas en techumbre de nave de producción, con el fin de utilizarlo o reincorporarlo al tratamiento de agua para proceso.

### **1.2.1 Objetivos particulares**

- Determinar los usos apropiados del agua pluvial captada y filtrada por el sistema, de acuerdo a las necesidades y condiciones de la empresa Lácteos de Chiapas.
- Proponer la forma de captar, filtrar y almacenar las aguas pluviales para su uso posterior.
- Analizar la forma de optimizar la conducción de agua pluvial por techos.

### **1.3 Metas**

- Sustentar la calidad del agua de lluvia para promover su recolección y utilizarlo para proceso.
- Proponer la implementación de elementos existentes en el mercado para recolectar y almacenar agua de lluvia en techumbre.
- Elaborar el diseño de un filtro que permita eliminar los residuos de materia orgánica del agua proveniente del techo, así como proponer un tanque de almacenamiento cuyas dimensiones puedan adaptarse a las necesidades.
- Analizar elementos naturales de recolección de agua para determinar la forma de conducir el agua de lluvia.
- Proponer el tipo de techumbre para captar la mayor cantidad de agua de lluvia posible, la forma de adaptarla a las naves de producción ya construidas.

### **1.4 Metodología**

La metodología para llevar a cabo el proceso de investigación está basada en la propuesta de Hans Gugelot, las etapas son:

Etapas de la información: se recolecta toda la información necesaria sobre el tema, la información nos ayuda a conocer el problema, las soluciones propuestas hasta la fecha y



cómo se ha desarrollado el tema estudiado a través de los años, las innovaciones, con lo cual podemos encontrar un punto de oportunidad sobre el cual podemos abordar y proponer soluciones para cambiar, mejorar o complementar lo existente.

Etapa de investigación: se detectan las necesidades del usuario, contexto, funcionalidad y requerimientos. Al detectar las necesidades del usuario, el contexto en el que se desarrolla, las necesidades y las condiciones es posible tener un panorama amplio de las necesidades a cubrir y cada una de las decisiones estará basada en la investigación.

Etapa de diseño: estudio tipológico, propuestas con base en las dos etapas anteriores tomando en cuenta cada una de las necesidades detectadas y proponer soluciones alternativas, análisis de cada una para elegir la mejor opción de acuerdo a las necesidades.

Etapa de decisión: estudios costo/beneficio, estudio tecnológico fundamentado. Análisis de costos de implementación de la o las propuestas que cubren las necesidades y tener un estimado de cada una de ellas para tomar en cuenta en la decisión final.

Etapa de cálculo: ajuste del diseño a las normas y estándares de materiales. Ajustar las propuestas a las normas publicadas y técnicas aprobadas, con las cuales se garantiza un mejor funcionamiento y eficiencia.

Etapa de desarrollo: desarrollo a detalle, procedimientos, especificaciones y conclusiones. Desarrollo de la propuesta final a detalle incluyendo las especificaciones, detalles, procesos y materiales necesarios para llevarse a cabo de tal forma que quien tenga la información pueda interpretarla de forma sencilla.

## **CAPITULO 2. INFORMACION SOBRE LA EMPRESA**

### **2.1 Antecedentes de la empresa**

El estado de Chiapas representa el 19 % del total de la producción nacional de leche, la actividad económica predominante en el estado es la ganadería y la agricultura con una participación del 49% del resto de las actividades económicas, así mismo cuenta con las condiciones agroclimatológicas para incrementar las cuencas lecheras.

La unión ganadera regional del llevo a cabo convocatorias a las asociaciones ganaderas de la entidad para solucionar los bajos precios de comercialización de la leche fresca y de acuerdo al estudio de viabilidad comercial con precios estables y con incrementos en el consumo de la leche ultra pasteurizada, nace el proyecto Lácteos de Chiapas, S.A. de C.V. que se constituye el 22 de septiembre del año 2000. Empresa a la que se lograron sumar a más de mil productores ganaderos de las distintas regiones lecheras del estado de Chiapas y conformar la tenencia accionaria de la sociedad. Actualmente son 1,200 socios.

La planta ultra pasteurizadora está ubicada en el municipio de Berriozábal, Chiapas como punto estratégico de las distintas regiones de producción lechera del estado de Chiapas y de las principales ciudades de consumo de leche industrializada. Inició operaciones el 4 de julio del año 2003.

### **2.2 Misión**

Ser un medio de comercialización de la leche de los socios productores para darle un valor agregado al trabajo en el campo a través del crecimiento y rentabilidad de la planta ultra pasteurizadora, produciendo alimentos de alta calidad y logrando la absoluta satisfacción de los clientes y el desarrollo de nuestra gente.

### **2.3 Visión**

Ser la planta de Ultra pasteurización que surta la mayor demanda de productos de larga vida. En el sureste del país con calidad y rentabilidad.

### **2.4 Políticas de calidad**

Promover en todos los niveles el desarrollo en dirección a la calidad total a través de la capacitación constante y la actualización tecnológica.

## 2.5 Localización del área de trabajo

La empresa Lácteos de Chiapas S.A. de C.V. se encuentra ubicada en el municipio de Berriozábal con dirección:  
Carretera Berriozábal – Ocozocoautla Km. 3.5, C.P. 29130



Figura 2.1 Vista aérea de la empresa Lácteos de Chiapas.



Figura 2.2 Vista frontal de la empresa Lácteos de Chiapas.

## **CAPITULO 3. SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA PLUVIAL ACTUALES**

### **3.1. Sistemas de captación**

Los sistemas de captación para uso comunitario son principalmente de dos tipos: los que usan como área de captación los techos y los que usan directamente el suelo. Los componentes del sistema son básicamente:

- Área de captación.
- Sistema de conducción.
- Almacenamiento.
- Filtro y tratamiento.

La cantidad de agua captada está en relación directa con la dimensión del área de captación por lo cual hay que tomar en cuenta que un milímetro de agua en un metro cuadrado es igual a tener un litro de agua. Con esta información se puede calcular la cantidad de agua que se puede obtener dependiendo del área de captación de cada caso.

Existe un porcentaje de pérdida dependiendo del material con el cual se encuentre elaborada el área de captación y la conducción, se considera un coeficiente de eficiencia entre el 50% y el 90% de ahí se puede tomar cualquier valor dependiendo del criterio de quien realice los cálculos.

Otro aspecto a tomar en cuenta es si el área de captación posee un ángulo de inclinación el cálculo se debe realizar con las medidas que se obtengan en la proyección vertical de la misma, esto es para efectos de cálculo ya que en caso de que la lluvia llegue con viento puede dar como resultado que caiga con el mismo ángulo de inclinación haciendo efectiva toda el área disponible.

### **3.2. Medios de captación**

El agua pluvial se recolecta de los techos, suelo, caminos, patios o áreas de captación especialmente preparadas.

#### **3.2.1 Techos**

Los materiales más comunes con los cuales se construyen los techos son: lámina galvanizada, concreto, madera, teja y en algunos casos de láminas de asbesto; el asbesto está relacionado con diversas enfermedades por lo cual la OMS prohíbe su uso. En cualquier caso se debe aplicar un tratamiento de impermeabilización, aunque también se puede utilizar todo tipo de superficie impermeable que no desprenda residuos. La condición más importante para las superficies de escurrimiento es que sea impermeable y

que permita el escurrimiento, ya que siendo la parte fundamental de este sistema de ella depende la cantidad y calidad del agua captada. La superficie debe estar limpia, libre de fugas y roturas, preferentemente lisa y uniforme para facilitar el flujo de agua.

Los porcentajes de escurrimiento dependen del material con el que se encuentre construido el techo de la vivienda y de acuerdo a los materiales más usados se tiene que:

<b>MATERIAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Lámina metálica	90%
Teja	80% a 90%
Madera	80% a 90%
Concreto	80% a 90%

Tabla 3.1 Porcentajes de escurrimiento.



Fig. 3.1 Techo de escuela utilizado como área de captación.

### 3.2.2 Techos cuenca

Son estructuras diseñadas para la recolección directa del agua de lluvia, es un área especialmente preparada que retarda el proceso de evaporación y así disminuir la pérdida de agua por evaporación. El techo está formado por dos superficies que convergen en un canal central por gravedad.

Este tipo de sistemas se implementan para abastecimiento de tipo comunitario debido al área que se requiere para poder obtener el volumen suficiente para abastecer la comunidad.



Figura 3.2 Techo cuenca.

### 3.2.3 Suelo

Cuando un área de captación por techo es insuficiente se selecciona una superficie donde por la topografía se requiera el mínimo movimiento de tierra y se recubre con material impermeable lo cual puede ser un plástico tratado, geo membrana o concreto.

Este tipo de captación requiere un poco más de atención en cuanto a los factores físicos y ambientales del lugar ya que se debe de revisar la topografía, geología, precipitación media mensual y anual para determinar los meses en los cuales la captación de agua será mayor y poder estimar el volumen de agua, variaciones de temperatura durante las distintas estaciones con el fin de establecer el porcentaje de pérdida de agua por evaporación durante cada uno de ellos, clima y flora para determinar las características de los filtros y así reducir la cantidad de materia orgánica que pueda ingresar al sistema de captación con la finalidad de determinar los volúmenes de excavación, relleno y compactación; al conjunto de los factores antes mencionados se les conoce como historial del sitio. Este tipo de sistema además de servir como medio de captación es de igual forma un medio de almacenamiento.



Figura 3.3 Geo membrana.

### 3.3 Sistemas de Conducción

#### 3.3.1 Tipos y características de canaletas

Las canaletas colectan el agua y la conducen al tanque de almacenamiento. Existen distintos tipos de canaletas de acuerdo al material con el que son elaborados como:

- Canaletas de madera
- Canaletas de aluminio
- Canaletas de cobre
- Canaletas de acero
- Canaletas de PVC
- Canaletas con malla.

La canaleta debe ser lo suficientemente ancha para captar toda el agua. El ancho óptimo está entre los 20 y los 30 cm. Su profundidad depende de la cantidad de escurrimientos, la óptima se encuentra entre los 10 y 20 cm.

En cuanto a la posición y ángulo al cual se coloca deben ser lo más cerca del borde para maximizar la captura, el ángulo debe ser suficiente para evitar que el agua deje de correr o que vaya en sentido contrario, tampoco debe ser tan grande ya que en el extremo donde se encuentre más alejado del borde la distancia que recorra el agua para llegar a la canaleta sea muy grande y provoque pérdida.

##### 3.3.1.1 Canaletas de madera

Fueron en algún tiempo el sistema de construcción tradicional en los países de Estados Unidos y Europa, actualmente muy rara vez se emplean. Originalmente se hacían de cedro, son vulnerables a los daños causados por el agua y las termitas además de que existen alternativas de mayor duración. Se utilizan con fines estéticos más que funcionales.



Figura 3.4 Canaleta de madera.



### 3.3.1.2 Canaletas de aluminio

Son el tipo más común de canaletas utilizadas actualmente ya que son más económicas que las elaboradas con otros metales y es mucho más durable que la madera, soporta las inclemencias del tiempo, es ligero, fácil de cortar y doblar para su instalación, en México la desventaja es su precio.



Figura 3.5 Canaleta de Aluminio.

### 3.3.1.3 Canaletas de cobre

Brindan una mayor durabilidad, son de fácil mantenimiento ya que el cobre no se oxida rápidamente y requiere poco mantenimiento. El problema es que después de algún tiempo se decolora pero se puede reducir utilizando algún tipo de recubrimiento. Brindan mayor atractivo visual a las viviendas tipo rustica, por el material el costo es mucho más elevado que las canaletas de aluminio.



Figura 3.6 Canaleta de Cobre.



#### 3.3.1.4 Canaletas de acero

Son las más durables ya que son las que sostienen mejor los elementos, el inconveniente es que se oxida con el paso del tiempo a menos que se trate de acero inoxidable, otro de los factores que pueden dañarlo son los fuertes vientos. El acero inoxidable es caro, otra opción para canaletas de acero es la lámina galvanizada que dura alrededor de 30 años en condiciones de clima seco.



Figura 3.7 Canaleta de Acero.

#### 3.3.1.5 Canaletas de Poli cloruro de Vinilo

También llamadas canaletas de vinilo, son ligeras, fáciles de cortar e instalar y libres de mantenimiento. Las desventajas es que ante mucho peso pueden colapsar y si están sujetas a cambios de temperaturas muy drásticos el PVC puede volverse quebradizo.



Figura 3.8 Canaleta de Poli Cloruro de vinilo.

#### 3.3.1.6 Canaletas con malla

Este tipo de canaletas tiene como principal objetivo que el agua recolectada no se contamine con hojas u otros restos orgánico. El material del cual se encuentran

elaboradas puede ser de cualquiera de los antes mencionados, más comúnmente de PVC.



Figura 3.9 Canaleta con malla.

### 3.4 Almacenamiento

El almacenamiento del agua puede ser de distintas formas y tamaños, depende directamente del área de captación, también dependerá del tiempo de almacenamiento. Para todo tipo de almacenamiento existen principios generales que deben ser tomados en cuenta. La limpieza del tanque debe realizarse de forma regular y debe contar con un desagüe en la parte inferior para facilitar la limpieza.

Debe contar con una tapa que no permita la entrada de luz para reducir y evitar el desarrollo de algas, colocarle un tubo para excedencias cerrado con una malla para evitar la entrada de insectos.

#### 3.4.1 Tipos y características de sistemas de almacenamiento de agua

Principalmente existen dos tipos:

- Superficiales.
- Subterráneos.

Los superficiales tienen la ventaja de adaptarse al espacio disponible, los materiales para elaborarlos son tabique rojo, block o piedras con mezcla de cemento y arena.

Deben ofrecer una estabilidad estructural ya que las presiones que se ejercen dentro del tanque van en relación directa con el tamaño del mismo. Los tanques subterráneos requieren una buena impermeabilización de las paredes para evitar filtración tanto hacia afuera como hacia adentro. La única restricción en cuanto a este tipo de tanques es que si en el lugar que se construya existen letrinas deben elaborarse lo más lejos posible de ellas. Con respecto a estos tanques hay que tomar en cuenta los principios generales expuestos anteriormente para garantizar la calidad del agua. El siguiente cuadro describe las ventajas y desventajas de cada uno de estos tipos de tanques de algunas variables.

### 3.4.1.1 Tanques de ferrocemento

Una opción que cada vez es más utilizada por la versatilidad de la técnica son los tanques de ferrocemento ya que una de sus características es que no se necesita cimbra y el grosor de las paredes es muy pequeño (5 cm) en comparación con los tanques que se elaboran de forma tradicional. El ferrocemento es un tipo de construcción de concreto reforzado, con espesores delgados en el cual generalmente el mortero hidráulico está reforzado con capas de malla (la malla puede ser metálica o de otros materiales adecuados) continua de diámetro relativamente pequeño y algunas varillas, esto es debido a que las geometrías que se logran con esta técnica permiten una resistencia y rigidez adecuada y no requiere mano de obra especializada para su elaboración, puede ser construido tanto superficial como enterrado.



Figura 3. 10 Tanque de ferrocemento enterrado.



Figura 3.11 Tanque de ferrocemento superficial.

El ferrocemento tiene alta resistencia a la tracción y alto módulo de rotura. Su resistencia a tracción puede llegar a ser similar a la resistencia a compresión, debido al sistema de malla que proporciona refuerzo en las dos direcciones, el ferrocemento presenta menos resistencia al impacto y a la cortante de punzonamiento, es más fácil de reparar y

mantener. Las propiedades mecánicas del ferrocemento dependen en gran parte de las de mortero y de las del refuerzo, la resistencia al agrietamiento es superior y cuando llega a producirse se presentan con anchos muy pequeños y a separaciones también pequeñas, este comportamiento se debe al reducido espaciamiento entre los alambres de la malla de refuerzo.

La escasa permeabilidad que presenta el ferrocemento lo hace apropiado para depósitos de agua, se han construido tanques de este tipo unos con ahorro en costos del orden del 40% con respecto a los tanques cilíndricos de hormigón.

Su tiempo de uso en buenas condiciones es de aproximadamente 20 años, donde las fisuras y rajaduras pueden ser fácilmente controladas a través de limpieza y mantenimiento oportunos. Desde el punto de vista económico los tanques de ferrocemento ofrecen ventajas comparativas frente al concreto armado tanto en inversión y mano de obra; la inversión para construir un tanque de ferrocemento en relación a uno de concreto armado es menor cuando el volumen aumenta como se aprecia en la figura 3.12, el ahorro por la propuesta de uno de estos tanques en comparación con uno convencional va en aumento si la capacidad es mayor como se muestra en la Figura 3.13. Los datos son resultado del Proyecto aplicado por SANBASUR (Saneamiento Ambiental Básico en la Sierra Sur) en la Sierra Sur del Perú aplicando la construcción de reservorios de agua potable en las comunidades rurales de la Región Cusco.

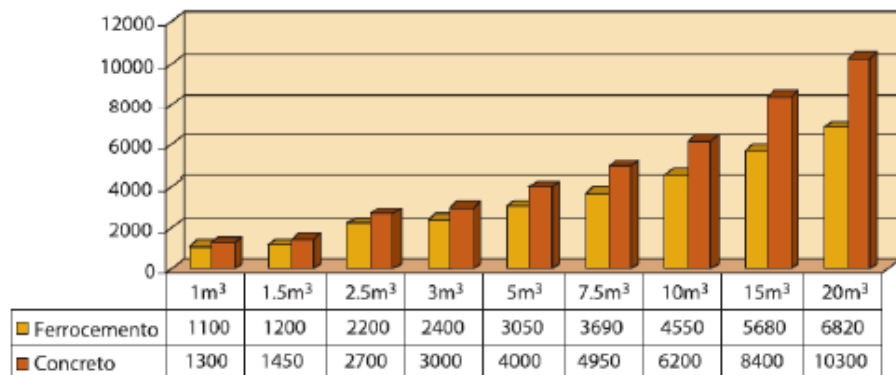


Figura 3.12 Inversiones en tanque de agua según volumen y tecnología aplicada (2014).

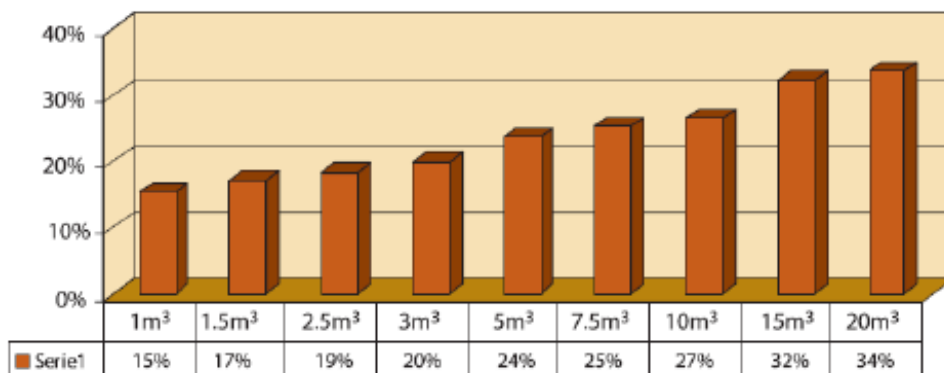


Figura 3.13 Ahorros generados por la aplicación de ferrocemento en la construcción de depósitos de agua (2014).

### 3.4.1.2 Tanques prefabricados

De los tanques que se pueden adquirir ahora existen diversos tipos y diversas compañías que ofrecen mejores productos para conservar la calidad del agua, implementan sistemas que impiden la reproducción de bacterias, el material con el que los hacen está especialmente diseñado para soportar las condiciones climáticas, además de que los accesorios con los que cuenta complementan el tratamiento del agua. Garantizan cero fugas, agrietamientos y fisuras, son productos ligeros y relativamente más baratos que los elaborados en sitio, con la desventaja de que ya cuentan con una dimensión establecida por el fabricante.

La siguiente tabla muestra el espacio necesario, donde se relaciona la altura con el diámetro de un tanque cilíndrico en función de la capacidad de almacenamiento, los diámetros están establecidos por las empresas que fabrican este tipo de tanques.

Volumen Lts.	Diámetro m.	Altura m.
3000	1.50	1.74
4000	1.50	2.00
5000	1.68	2.30
6000	1.68	2.75
7000	2.00	2.25
8000	2.00	2.55
10000	2.20	2.65

Tabla 3.2 Dimensiones de tanques cilíndricos prefabricados.

El costo de una cisterna con una capacidad 10,000 litros marca Rotoplas es de \$8,770.00.

Dimensionamiento: Establecer las dimensiones del tanque de almacenamiento es una tarea primordial si se trata de captar la mayor cantidad de agua posible con las áreas de captación que se cuentan, el aprovechamiento de estas áreas como se expuso anteriormente puede dar por resultado una mayor cantidad de agua para recolectar, si el tanque de almacenamiento no es de las dimensiones adecuadas se pueden perder litros de agua muy valiosos destinados a alguna actividad.

En proyectos pequeños no es necesario el dimensionamiento ya que si solo se pretende almacenar agua por corto tiempo no es relevante obtener una dimensión exacta, si por el contrario el objetivo es almacenar agua por lapsos relativamente largos se debe realizar un dimensionamiento que este en relación directa con el área de captación. Recordando que  $1m^3=1000$  litros. El método más sencillo para poder obtener las dimensiones es el multiplicar el ancho por el largo por la profundidad hasta obtener el volumen que se obtuvo del cálculo del área de captación, en cuanto a la profundidad no se recomienda alturas mayores de 2.5 mts.

En el caso de la técnica de ferrocemento por la malla electrosoldada la altura recomendada es de 2.30 m ya que originalmente viene de 2.50 m pero los 20 cm restantes se doblan y amarran con la base y el volumen se calcula con la formula siguiente:

$$V = \pi r^2 h$$

Donde:

V= volumen del tanque

h= altura del tanque

r= radio del tanque

Cabe resaltar que de la misma forma como se lleva a cabo el cálculo para tanques cilíndricos se puede calcular para tanques o cisternas rectangulares.

### 3.5 Filtración

El proceso de filtración era ya conocido por los seres humanos primitivos cuando obtenía agua haciendo un agujero en la arena. Ahora ese mismo principio pero a mayor escala y perfeccionado es utilizado en diversos países para quitar las impurezas del agua. Este proceso actualmente se encuentra implementado en Nicaragua donde el diseño permite el tratamiento de 200 litros por día. Las ventajas que presenta este sistema es que no requiere válvulas o llaves y su operación es simple.

Los filtros son un medio por el cual se separa una mezcla a través de un medio poroso donde retiene la mayor parte de los componentes sólidos de la mezcla. Las aplicaciones de los procesos de filtrado se encuentran en la mayoría de las actividades que se realizan comúnmente que va desde la vida doméstica hasta aplicaciones en los procesos industriales. Clasificar los procesos de filtrado es extenso pero se puede tomar de la siguiente manera:

- El mecanismo de la filtración.
- La naturaleza de la mezcla.
- La meta del proceso.
- El ciclo operacional.
- La fuerza impulsora.

El medio filtrante es el elemento fundamental para este proceso ya que de él depende garantizar el funcionamiento del proceso. En cuanto a la selección del material del medio filtrante puede ser tomando en cuenta la compatibilidad y resistencia química con la mezcla, capacidad de retención de sólidos o relación vida útil y costo.



La variedad es muy diversa y va desde telas y fibras tejidas, fieltros y fibras no tejidas, sólidos porosos o perforados, membranas poliméricas o sólidos particulados, a lo que se le unen la gran variedad de materiales como son las fibras naturales, sintéticas, materiales metálicos, cerámicos y polímeros.

### 3.5.1 Tipos y características de filtros

Existen algunos filtros especiales para el agua de lluvia los cuales incluyen un sistema de separación de sólidos, unos son externos y otros de menos capacidad lo tienen integrado internamente. Los filtros de purificación de agua para consumo humano son más complejos en cuanto a su elaboración ya que debe garantizar agua de calidad para evitar enfermedades. Algunos tipos de filtros que se conocen como filtros de bajante son más sencillos pero solo realizan las funciones de separación del agua de los residuos sólidos. Ofrecen un mínimo mantenimiento, son autolimpiables y conectan el contenedor de agua exterior.



Figura 3. 14 Filtro de bajante (izquierda), funcionamiento interno (derecha).

Existen filtros que se elaboran de forma casera, con arena, grava, carbón activado y un recipiente.

La capa de arena fina (tamaño de la partícula 0.15 -0.35 mm) actúa como una barrera física para atrapar partículas suspendidas, protozoos y helmintos. Estos contaminantes quedan atrapados entre los granos de arena y rellenan los espacios, permitiendo que el filtro atrape con el tiempo partículas más pequeñas. En la medida en que el tamaño de la partícula de arena aumenta, la profundidad de la capa también aumenta. Las capas de arena gruesa y grava ayudan a filtrar más el agua y evitar que la arena fina se escape con el agua o que tape la salida.




Figura 3. 15 Filtro casero para agua.


Los filtros purificadores de agua que se comercializan en el mercado son principalmente cuatro, estos fueron probados por la PROFECO para analizar sus características y calidad.

- Filtros de purificación de ozono: Emplean este agente oxidante que además clarifica y desinfecta, elimina los hongos y las bacterias aún mejor que el cloro. Las desventajas son que el mantenimiento es elevado, requieren mantenimiento constante, una instalación especial y además consumen energía eléctrica.
- Filtros purificadores de cerámica: El costo es bajo y el mantenimiento sencillo, la desventaja es que retienen únicamente materia en suspensión, como sedimentos o basura, dejan pasar los gérmenes y bacterias ya que no cuentan con ningún tipo de esterilizante.
- Filtros purificadores de luz ultravioleta: Purifican el agua en varias etapas, el mantenimiento de este filtro es elevado ya que es indispensable cambiar los filtros y la lámpara UV lo cual se traduce en un consumo adicional de electricidad.
- Filtros purificadores de cápsula: Son bacteriológicos, retienen sedimentos y químicos diluidos, así como la materia orgánica, olores y sabores. Son económicos, requieren mínimo mantenimiento, necesitan retrolavarse cada tres meses, son desechables y deben de ser cambiados cuando su vida útil haya terminado.


La siguiente tabla indica la función de los filtros de acuerdo con los elementos y medios filtrantes que los componen para poder identificar si se trata de un purificador de agua bactericida, bacteriostático o simplemente de un filtro para mejorar el sabor del agua después de remover los sedimentos, el cloro y otros contaminantes.



 Destruye

 Inhibe

 Retiene

 Retiene /inhibe

Medios filtrantes	Bacteria coli-formes	Virus	Giarda cysticos	Amibas	Salmonela	Sabor olor/color	THM's	Compuestos Voc's/Toc's	Compuestos halogenados	Pesticidas fenoles	Plomo cadmio	Calcio magnesio	Asbestos	Yodo	Cloro
Cerámicas de cuarzo o plata															
Mallas submicrónicas															
Pastillas cloro															
Resinas yodadas															
Generador a base de ozono															
Lámparas ultravioleta															
Carbón activado															
Carbón extruido															
Carbón activado impregnado con plata															
Yodasorb Resinas suavizadoras															
Membrana de osmosis inversa															
Cerámicas simples															
KDF-55															
Leadout															

Tabla 3.3 Filtros purificadores de agua.

### 3.6. Ventajas y desventajas

Ventajas de un sistema de captación de agua pluvial:

- El agua de lluvia es gratis, la inversión que hay que realizar es en la captación y almacenamiento.
- La baja o nula dureza del agua de lluvia ayuda a aumentar la escala en aplicaciones, extendiendo su uso. El agua de lluvia elimina la necesidad de un suavizador de agua.
- El agua de lluvia está libre de sodio.
- El agua de lluvia por sus características de origen se considera óptima para el riego.
- Los sistemas requieren poco mantenimiento.
- El agua de lluvia provee una fuente de agua cuando es temporada de estiaje o cuando hay escasez del agua subterránea.

- Tiene un costo mucho menor, que el de las redes hidráulicas públicas, tanto en la inversión primaria como en el costo de mantenimiento, reparación y ampliación del sistema de redes.
- Puede aplicarse prácticamente de inmediato a todas las comunidades urbanas que no cuenten con redes de agua potable.
- No impacta al subsuelo (con la extracción acelerada) ni a los ríos y sus ecosistemas (con el desvío y entubamiento de estos) ya que su fuente principal viene de la lluvia. Por tanto se mantienen los mantos acuíferos en mejores condiciones al tener una menor necesidad de extracción.
- Evita la necesidad de construir nuevas presas.
- Reduce los costos de operación y mantenimiento de las redes municipales.

Desventajas de un sistema de captación de agua pluvial:

- El costo inicial de la construcción o adecuación al sistema que ya existe puede llegar a ser una inversión fuerte. Aunque esta dependerá de la construcción o modificaciones que se tengan que hacer en cada caso.
- La disponibilidad del agua es limitada; por la cantidad de precipitación pluvial en cada ciudad, por el tamaño de la superficie de captación y por el tamaño del medio de almacenamiento.
- Fuentes suplementarias de agua pueden ser necesarias en algunas temporadas del año.
- Se requiere contar con un espacio considerable para colocar los tanques de almacenamiento, si se pretende ser autosuficiente se necesita un área de captación mucho mayor para poder coleccionar una gran cantidad de agua considerando que se cuenta con el espacio suficiente para los tanques.

### 3.7 Análisis

Los factores que intervienen durante el proceso de implementación:

- Factores Culturales: análisis de hábitos del usuario y su relación con el producto.
- Factores Histórico y tecnológico: contexto histórico en el que se encuentra, ubicación tiempo lugar.
- Factores Armónicos: todo aquello que tiene que ver con la apariencia (textura, forma, color, etc.)
- Factores Funcionales: forma en que se utiliza, duración del producto, ergonomía, características generales.
- Factores Sociales: qué significa para la sociedad.

## CAPITULO 4. LA SITUACION DEL AGUA EN BERRIOZABAL CHIAPAS

El Municipio de Berriozábal se asienta en la Depresión Central; sus coordenadas geográficas son 16° 48'™ N y 93° 16'™ W. Su altitud es de 900 msnm, Limita al norte con los municipios de Tecpatán y Copainalá, al este con Tuxtla Gutiérrez y San Fernando, y al oeste con Ocozocoautla de Espinosa.

### 4.1 Características climáticas de la región

En esta región se presentan climas de los grupos cálidos y semicálidos. Predomina el cálido sub-húmedo con lluvias de verano.

Durante los meses de mayo a octubre, la temperatura mínima promedio va desde los 15°C y hasta los 22.5°C, predominando los 18°C a 21°C en el 74.5% de la región. En este mismo periodo, la temperatura máxima promedio oscila de los 24°C y hasta los 34.5°C, predominando los 33°C a 34.5°C en el 40.99% de la región. La precipitación pluvial en estos meses oscila de los 900 mm a 1,200 mm.

En el periodo de noviembre a abril, la temperatura mínima promedio va de los 9°C a los 19.5°C, predominando los 12°C a 15°C en el 78.3% de la región; la máxima promedio va de los 21°C a 33°C, predominando de los 30°C a 33°C en el 47.85% de la región y de 27°C a 30°C en el 35.07% de la región. La precipitación pluvial durante este periodo va de los 25 mm y hasta los 600 mm.

Unidad Climática	Distribución Porcentual
Cálido sub-húmedo con lluvias de verano	85.01
Semi-cálido sub-húmedo con lluvias de verano	8.53
Cálido húmedo con lluvias abundantes de verano	6.46

Fuente: INEGI. Carta Climática escala 1:250 000 Serie I. 2014

Tabla 4.1 Carta climática.

### 4.2 Selección del caso de estudio

Para poder seleccionar los casos de estudio se toma en cuenta la precipitación media anual como característica más importante por el tipo de investigación, la distancia de traslado desde la capital del estado y los diversos climas que se presentan; para ejemplificar los diversos climas presentes en el estado y en base a la precipitación.

PRECIPITACION ANUAL EN BERRIOZABAL		
Mes	Días	mm
Enero	2	5.7
Febrero	2	5.1
Marzo	3	2.6
Abril	6	17.3
Mayo	11	78.2
Junio	17	213
Julio	12	160.1
Agosto	14	174.2
Septiembre	16	196.1
Octubre	9	100.1
Noviembre	5	21.7
Diciembre	4	10.7

Tabla 4.2 Precipitación anual (Fuente INEGI 2014)

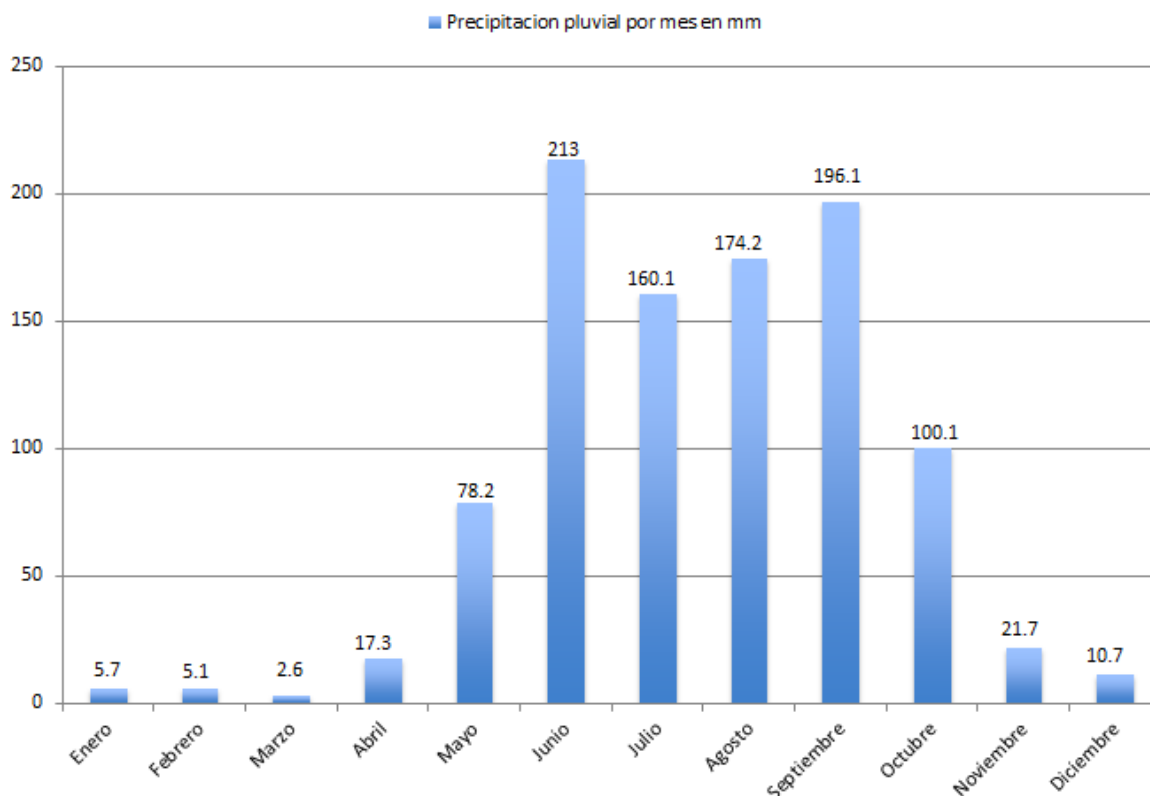


Tabla 4.3 Precipitación por mes (2014).

Como se puede apreciar en la gráfica los meses con mayor precipitación son de Junio a Octubre por lo que tomando una superficie de captación promedio de 57x25 metros siendo esta medida propuesta para esta investigación por ser el tamaño promedio de las naves de la empresa, nos da un total de 1,424 metros cuadrados efectivos para la captación.

### 4.3 Aplicación de normas y estándares

Dentro de las normas que regulan todo lo referente a calidad de almacenamiento, filtro y uso de aguas se encuentran las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX) de las cuales las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones de observancia obligatoria, mientras que las Normas Mexicanas (NMX) son de aplicación voluntaria<sup>103</sup>; de cada una existen diversas instituciones y sectores que se involucran para complementarlas como son el sector agua con la CONAGUA, el sector salud, ecología y SEMARNAT entre otros.

Las normas que presentan regulaciones importantes que incluyan sistemas de aguas pluviales son:

➤ NOM-230-SSA1-2002

De acuerdo a lo mencionado en la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002 en lo referente a tanques de captación menciona que se debe impedir la contaminación del líquido con cualquier tipo de agente externo por lo cual se tiene que mantener lo más limpio posible el entorno de este, adicionalmente recomienda sellos impermeables en juntas y uniones de tubería, equipos y accesorios así como aplicación de impermeabilizantes.

Ya que todo sistema de almacenamiento cuenta con ventilación se debe colocar tela tipo mosquitero. Para mantener la calidad del agua menciona:

“Debe existir un programa de limpieza que garantice la preservación de la calidad del agua. La limpieza debe incluir la extracción de sólidos sedimentados y remoción de materiales incrustados. Se deben limpiar y desinfectar las paredes y piso con la frecuencia que determinen las condiciones del tanque de manera que se eliminen los riesgos asociados.”

Para tanques de almacenamiento construidos en el sitio se tiene que tomar en cuenta las siguientes especificaciones de acuerdo a la OMS:

- Tendrá una altura máxima de dos metros, la parte superior del tanque no deberá estar a menos de 30 centímetros con respecto al punto más bajo del área de captación.
- Deberá contar con una tapa sanitaria de 60 x60 centímetros para facilitar la limpieza y mantenimiento.
- Drenaje de fondo para la eliminación del agua de lavado.
- Grifo situado a 10 centímetros por encima del fondo.
- Rebose situado a 10 centímetros por debajo del techo.

- El interior del tanque debe ser impermeable y por ningún motivo el agua debe entrar en contacto con el medio ambiente a fin de garantizar la calidad del agua.
- Los tanques de almacenamiento apoyados deben tener alrededor de su base una losa de protección contra la infiltración de 20 centímetros de ancho. Asimismo, en la zona donde se ubique el grifo para la extracción del agua debe construirse una losa de 50x50 centímetros y borde de 10 centímetros de alto.
- El volumen de diseño del tanque de almacenamiento será igual al 110% del volumen neto.

➤ NOM-127-SSA1-1994

La norma establece los límites permisibles de sustancias contenidas en el agua para considerarse potable, con una prueba de organismos al agua donde no rebase lo establecido en el apartado 4 de la norma de organismos coliformes totales, y la aplicación de los métodos de tratamiento para potabilización del agua donde incluye la aplicación de osmosis inversa, aplicación de cloro, uso de carbón activado, intercambio iónico entre otros dependiendo del tipo de sustancia presente en el agua. También establece que:

“La selección de los métodos de prueba para la determinación de los parámetros definidos en esta Norma, es responsabilidad de los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, y serán aprobados por la Secretaría de Salud a través del área correspondiente.”

#### **4.4 Análisis de capítulo**

La diversidad climática del Municipio de Berriozábal permite establecer las necesidades de la empresa, se puede observar que se tienen climas donde el agua escasea, el clima es caluroso y en el extremo opuesto donde la humedad se encuentra presente durante la mayor parte del día, llueve abundantemente y los cuerpos superficiales de agua siempre llevan una gran cantidad de líquido.

La disponibilidad de los servicios públicos básicos será un factor importante para determinar las características del sistema, al igual que el transporte para poder llevar los materiales necesarios a la empresa.

La empresa no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, por tal motivo se ven en la necesidad de comprar pipas de agua diariamente. La situación que actualmente presenta la empresa es comprar entre 6 y 8 pipas diarias, con capacidad de 12,000 litros y un costo de \$800 por unidad respectivamente.

Con el cálculo realizado de la cantidad de litros que se pueden obtener en el mes con mayor y menor precipitación se puede tener una idea general de cuál debe ser la capacidad del tanque de almacenamiento, recordando que para un cálculo mucho más

preciso en las mismas Normales Climatológicas que proporciona el Servicio Meteorológico Nacional proporcionan el dato de la máxima precipitación por día, con esto se puede realizar el cálculo.

Para eliminar los restos sólidos la forma más adecuada es con un filtro de arenas y gravas, ya que retienen toda la materia orgánica que se arrastre junto con la corriente de agua que baja del área de captación.

<b>Material de la Canaleta</b>	<b>Madera</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Cobre</b>	<b>Acero Inoxidable</b>	<b>PVC</b>
<b>Características</b>					
<b>Resistencia al intemperismo</b>	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena
<b>Mantenimiento</b>	Mucho	Poco	Mucho	Poco	Poco
<b>Costo de adquisición</b>	Alto	Bajo	Alto	Regular	Bajo
<b>Disponibilidad en establecimientos</b>	Solo por pedido	Regular	Nulo	Regular	Alto
<b>Manejabilidad para realizar modificaciones</b>	Bueno	Regular	Regular	Regular	Bueno
<b>Colocación</b>	Fácil	Regular	Regular	Regular	Fácil
<b>Proveedores</b>	Escasos	Escasos	Escasos	Regular	Varios

Tabla 4.4 Tabla comparativa de las características de las canaletas.

<b>Tipo de tanque</b>	<b>Tanque Pre-fabricado</b>	<b>Tanque de Ferrocemento</b>
<b>Características</b>		
<b>Costo</b>	Regular (depende de la capacidad)	Considerablemente menor que un tanque de concreto.
<b>Capacidad</b>	Determinada por el fabricante	Determinada por el usuario o necesidades.
<b>Vida útil</b>	De 20 a 25 años	20 años
<b>Mantenimiento</b>	Regular	Poco y sencillo
<b>Espacio necesario</b>	Predefinido	Adaptable al espacio disponible.

Tabla 4.5 Características de los tanques de almacenamiento.

## **CAPITULO 5 CRITERIOS DE DISEÑO.**

### **5.1 Materiales para recipientes a presión.**

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual, necesitamos definir una secuencia lógica en la selección de éstos. El Código A.S.M.E. indica la forma de suministro de los materiales más utilizados, la cual va implícita en su especificación.

### **5.2 Especificaciones de los aceros.**

Los aceros al carbón y de baja aleación son usualmente usados donde las condiciones de servicio lo permitan por los bajos costos y la gran utilidad de estos aceros.

Los recipientes a presión pueden ser fabricados de placas de acero conociendo las especificaciones de SA-7, SA-113 C y SA-283 A, B, C, y D, con las siguientes consideraciones:

- 1.- Los recipientes no contengan líquidos ó gases letales.
- 2.- La temperatura de operación está entre -20 y 650°F.
- 3.- El espesor de la placa no exceda de 5/8".
- 4.- El acero sea manufacturado por horno eléctrico u horno abierto.
- 5.- El material no sea usado para calderas.

Uno de los aceros más usados en los propósitos generales en la construcción de recipientes a presión es el SA-283 C. Estos aceros tienen una buena ductilidad, fusión de soldadura y fácilmente maquinables. Este es también uno de los aceros más económicos apropiados para recipientes a presión; sin embargo, su uso es limitado a recipientes con espesores de placas que no excedan de 5/8" para recipientes con un gran espesor de cascarón y presión de operación moderadas el acero SA-285 C es muy usado. En el caso de presiones altas o diámetros largos de recipientes, un acero de alta resistencia puede ser usado como el acero SA-212 B es conveniente para semejantes aplicaciones y requiere un espesor de cascarón de solamente de 790% que el requerido por el SA-285 C. Este acero es también fácilmente fabricado pero es más caro que otros aceros.

El acero SA-204, el cual contiene 0.4 a 0.6% de molibdeno es satisfactorio y tiene buenas cualidades. Para temperaturas de servicio bajas (-50 a -150°F) un acero niquelado tal como un SA-203 puede ser usado. Los esfuerzos permisibles para estos aceros no están especificados por temperaturas bajas de -20°F. Normalmente el fabricante hace pruebas de impacto para determinar la aplicación del acero y fracturas a bajas temperaturas.



Así pues realizaremos un breve análisis de la filosofía a que sigue la ASME, para seleccionar sus materiales y por consiguiente para especificarlos como adecuados en la construcción de los recipientes a presión.

### **5.3 Clases de materiales.**

El código ASME indica la forma de suministro de los materiales más utilizados, lo cual va implícita en su especificación. A continuación se dan algunos ejemplos de materiales, su especificación y forma de suministro.

Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación, facilidad de formato entre otros.

Así pues es necesaria una explicación más amplia acerca del criterio de la selección de los materiales que pueden aplicarse a los recipientes como:

#### **5.3.1. Aceros al carbón.**

Es el más disponible y económico de los aceros, recomendables para la mayoría de los recipientes donde no existen altas presiones ni temperaturas.

#### **5.3.2. Aceros de baja aleación.**

Como su nombre lo indica, estos aceros contienen bajos porcentajes de elementos de aleación como níquel, cromo, y algunos otros elementos. Y en general están fabricados para cumplir condiciones de uso específico. Son un poco más costosos que los aceros al carbón. Por otra parte no se considera que sean resistentes a la corrosión, pero tienen mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos más altos de temperaturas respecto a los aceros al carbón.

#### **5.3.3. Aceros de alta aleación.**

Comúnmente llamados aceros inoxidable. Su costo en general es mayor que para los dos anteriores. El contenido de elementos de aleación es mayor, lo que ocasiona que tengan alta resistencia a la corrosión.

#### **5.3.4. Materiales no ferrosos.**

El propósito de utilizar este tipo de materiales es con el fin de manejar sustancias con alto poder corrosivo para facilitar la limpieza en recipientes que procesan alimentos y proveen tenacidad en la entalla en servicios a baja temperatura.

## **5.4. Propiedades que deben tener los materiales para satisfacer las condiciones de servicio.**

### **5.4.1. Propiedades mecánicas.**

Al considerar las propiedades mecánicas del material es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto nivel de cedencia, por cierto de alargamiento alto y mínima reducción de área. Con estas propiedades principales se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

### **5.4.2. Propiedades físicas.**

En este tipo de propiedades se buscará que el material deseado tenga coeficiente de dilatación térmica.

### **5.4.3. Propiedades químicas.**

La principal propiedad química que debemos considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión es su resistencia a la corrosión. Este factor es de muchísima importancia ya que un material mal seleccionado nos causará muchos problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:

Reposición del equipo corroído. Un material que no sea resistente al ataque corrosivo puede corroerse en poco tiempo de servicio.

Sobre diseño en las dimensiones. Para materiales poco resistentes al ataque corrosivo puede ser necesario dejar un excedente en los espesores dejando margen para la corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pegados, de tal forma que encarecen el diseño además de no ser siempre la mejor solución.

Mantenimiento preventivo. Para proteger los equipos del medio corrosivo es necesario usar pinturas protectoras.

Paros debido a la corrosión de equipos. Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión necesariamente debe ser retirado de operación, lo cual implica las pérdidas en la producción.

Contaminación o pérdida del producto. Cuando los componentes de los recipientes a presión se han llegado a producir perforaciones en las paredes metálicas, los productos de la corrosión contaminan el producto, el cual en algunos casos es corrosivo.

### **5.4.4. Soldabilidad.**

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de los componentes son de

construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre él, estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. Un material, cuando más elementos contenga, mayores precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura, de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación.

#### **5.4.5. Selección del material.**

La decisión final sobre el material a utilizar será de acuerdo a lo siguiente:

Material más adecuado será aquel que cumpla con el mayor porcentaje de requisitos tales como:

**Requisitos Técnicos.** Cumplir con el mayor número de requisitos técnicos es lo más importante para un material, ya que de éstos depende el funcionamiento correcto y seguro del equipo.

**Requisitos Económicos.** Estos requisitos lo cumplen los materiales que impliquen los menores gastos como son los iniciales, de operación y de mantenimiento, sin que por este concepto se tenga que sacrificar el requisito técnico, que repetimos, es el más importante.

## CAPITULO 6 MEMORIA DE CÁLCULO

### 6.1 Cálculo para las dimensiones de los filtros

$$Q = \frac{v}{t} fc \quad Ec. (1)$$

$$V_r = \frac{Q}{5 \frac{gpm}{ft^3 de resina}} \quad Ec. (2)$$

$$A_{tanqueM} = \frac{Q}{12.5 \frac{gpm}{ft^2}} \quad Ec. (3)$$

$$A_{tanqueC} = \frac{Q}{7.65 \frac{gpm}{ft^2}} \quad Ec. (4)$$

Donde:

Q= Caudal (gpm)

v= volumen (galones)

t= tiempo

$V_r$  = Volumen de la resina ( $ft^3$ )

$A_{tanqueM}$  = Area del filtro multicama ( $ft^2$ )

$A_{tanqueC}$  = Area del filtro carbon activado ( $ft^2$ )

fc= Factor de conversión

Ec. = Ecuación

R. = Resultado

➤ Fuente de la ecuación 1 al 4: Empresa Tecnología Acuática S.A. de C.V.

#### 6.1.1 Filtro suavizador

De la ecuación 1

$$Q = \frac{108 m^3}{6.5 h} = 73.1349 gpm$$

De la ecuación 2

$$V_r = \frac{Q}{5 \frac{gpm}{ft^3 de resina}}$$
$$V_r = \frac{73.1349 gpm}{5 \frac{gpm}{ft^3}}$$

$$V_r = 14.6269 ft^3$$

VOLUMEN DE RESINA	DIMENSIONES DEL FILTRO
0.75 $ft^3$	8"x44"
1 $ft^3$	9"x48"
1.5 $ft^3$	10"x54"
2 $ft^3$	12"x52"
2.5 $ft^3$	13"x54"
3 $ft^3$	14"x65"
4 $ft^3$	16"x65"
5 $ft^3$	18"x65"
7 $ft^3$	21"x62"
10 $ft^3$	24"x65"
15 $ft^3$	30"x72"
20 $ft^3$	36"x72"
30 $ft^3$	42"x72"

Tabla 6.1 Dimensiones de los filtros (Diámetro por altura)

∴ El filtro es de **30"x72"** (diámetro por longitud). Ver anexo 1

### 6.1.2 Filtro Multicapa

De la ecuación 3

$$A_{tanqueM} = \frac{Q}{12.5 \frac{gpm}{ft^2}}$$

$$A_{tanqueM} = \frac{73.1349 \text{ gpm}}{12.5 \frac{gpm}{ft^2}}$$

$$A_{tanqueM} = 5.8507 \text{ ft}^2$$

∴ El filtro es de **36"x72"** (diámetro por longitud). Ver anexo 2

### 6.1.3 Filtro carbón activado

De la ecuación 4

$$A_{tanque} = \frac{Q}{7.65 \frac{gpm}{ft^2}}$$

$$A_{tanque} = \frac{73.1349gpm}{7.65 \frac{gpm}{ft}} = 9.5601 ft^2$$

∴ El filtro es de **42"x72"** (diámetro por longitud). Ver anexo 3

### 6.2 Calculo de espesores

#### Ecuación para encontrar el espesor del filtro

$$t_c = \frac{PR}{SE - 0.4P} + CA \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$t_t = \frac{PD}{2SE - 1.8P} + CA \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

D= Diámetro (in)

L= Longitud (in)

$P_o$ = Presión de operación (PSI)

P= Presión de diseño (PSI)

$t_c$ = Espesor del cuerpo (in)

$t_t$ = Espesor de la tapa semielíptica (in)

R= Radio (in)

S= Esfuerzo máximo permisible a la tensión (PSI)

CA= Margen de corrosión (in)

$W_{cuerpo}$ = Peso del cuerpo (lb)

$W_{tapa}$ = Peso de la tapa (lb)

$W_{TR}$ = Peso total (lb)

#### Ecuación para encontrar el espesor del Faldón (soporte)

❖ **Por viento:**

$$P_w = 0.0025V_w^2 \quad \text{Ecuación (7)}$$

$$V = P_w DH \quad \text{Ecuación (8)}$$

$$M = P_w DHh \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$t_w = \frac{12M}{\pi R^2 SE} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

$P_w$  = Presión del viento ( $\frac{lb}{ft^2}$ )

V = Fuerza de corte debido al viento (lb)

D = Diámetro (ft)

H = Longitud del recipiente incluyendo faldón (ft)

h = Longitud media del recipiente incluyendo faldón (ft)

M = Momento producido por el viento (lb·ft)

$t_w$  = Espesor requerido para soportar la fuerza del viento (in)

$V_w$  = Velocidad del viento (ft/s)

S = Esfuerzo del material (PSI)

E = Eficiencia

#### ❖ Por sismo:

$$V = CW \quad \text{Ecuación (11)}$$

$$M = \frac{2CWH}{3} \quad \text{Ecuación (12)}$$

$$t_s = \frac{12M}{\pi R^2 SE} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

V = Cortante total (lb)

C = Coeficiente sísmico

W = Peso total

M = Momento máximo en la base (lb·ft)

H = Longitud del recipiente incluyendo faldón (ft)

$t_s$  = Espesor requerido (in)

R = Radio (in)

S = Esfuerzo del material (PSI)

E = Eficiencia

#### ❖ Por vibración:

$$T_a = 0.8 \sqrt{\frac{WH}{Vg}} \quad \text{Ecuación (14)}$$

$$T = 0.0000263 \left( \frac{H}{D} \right)^2 \sqrt{\frac{wD}{t}} \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

$T_a$  = Período de vibración máximo permisible (s)  
 W = Peso total del recipiente (lb)  
 H = Altura del recipiente incluyendo faldón (ft)  
 V = Cortante total (lb)  
 g = gravedad (ft/s<sup>2</sup>)  
 T = Período de vibración producido por sismo o viento (s)  
 D = Diámetro (ft)  
 W = Peso total (lb)  
 w = Peso por pie de altura (lb/ft)

❖ **Por carga:**

$$t = \frac{W}{\pi D S E} \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$t_{TOTAL} = \sum t \quad \text{Ecuación (17)}$$

Donde:

t = espesor por carga (in)  
 W = Peso total (lb)  
 D = Diámetro (in)  
 S = Esfuerzo del material (PSI)  
 E = Eficiencia  
 $t_{TOTAL}$  = Espesor del faldón (in)

- Fuente de la ecuación 10 al 22: Diseño y cálculo de recipientes a presión Juan Manuel León Estrada, Edición 2001.

## 6.2.1 Filtro Multicapa

### 6.2.1.1 Espesor del filtro:

Datos:

Material ASTM 285-C  
 D = 36 in  
 L = 72 in  
 $P_o = 2 \text{ kgf/cm}^2 = 28.44 \text{ PSI}$   
 P = 58 PSI  
 S = 16500 PSI  
 CA = 1/8 in



E= 0.85  
De la Ecuación 5

$$t_c = \frac{PR}{SE - 0.4P} + CA$$

$$t_c = \frac{(58.44 \text{ PSI})(18 \text{ in})}{(16500 \text{ PSI})(0.85) - (0.4)(58.44 \text{ PSI})} + \frac{1}{8} \text{ in}$$

$$t_c = \mathbf{0.2001 \text{ in}}$$

De la Ecuación 6

$$t_t = \frac{PD}{2SE - 1.8P} + CA$$

$$t_t = \frac{(58.44 \text{ PSI})(36 \text{ in})}{(2)(16500 \text{ PSI})(0.85) - (1.8)(58.44 \text{ PSI})} + \frac{1}{8} \text{ in}$$

$$t_t = \mathbf{0.2002 \text{ in}}$$

∴ El espesor del cuerpo es de 0.2001 in y el espesor de la tapa es de 0.2002 in

### 6.2.1.2 Pesos del filtro

Peso del cuerpo y la tapa cuando el recipiente está vacío ver anexo 4.

$$W_{\text{cuerpo}} = 97 \text{ lb (4)} = 388 \text{ lb}$$

$$W_{\text{tapa}} = 128 \text{ lb (2)} = 256 \text{ lb}$$

$$W_{\text{total}} = 644 \text{ lb (vacío)}$$

Peso del cuerpo y la tapa cuando el recipiente está lleno de agua ver anexo 5.

$$W_{\text{cuerpo}} = 441 \text{ lb (4)} = 1764 \text{ lb}$$

$$W_{\text{tapa}} = 220.1 \text{ lb (2)} = 440.2 \text{ lb}$$

$$W_{\text{total}} = 2204.2 \text{ lb (lleno)}$$

$$W_{\text{total1}} = W_{\text{total vacío}} + W_{\text{total lleno}} = 644 \text{ lb} + 2204.2 \text{ lb} = 2848.2 \text{ lb}$$

Por código ASME se le agrega el 10% del peso total

$$W_{TR} = 2848.2 \text{ lb (1.10)} = \mathbf{3133.02 \text{ lb}}$$

∴ El peso total del cuerpo es de 3133.02 lb

### 6.2.1.3 Por viento

La velocidad del viento se seleccionó en la zona de Tuxtla Gutiérrez ver anexo 6.

La altura del faldón se consideró 1.64 ft= 50 cm

El material del faldón es SA-36 (16600 PSI)

De la ecuación 7

$$V_w = 19 \frac{m}{s} = 62.3359 \frac{ft}{s}$$

$$P_w = 0.0025 \left( 62.3359 \frac{ft}{s} \right)^2$$

$$P_w = 9.7144 \frac{lb}{ft^2}$$

De la ecuación 8

$$V = P_w DH$$

$$V = \left( 9.7144 \frac{lb}{ft^2} \right) (3 ft)(7.64 ft)$$

$$V = 222.6540 lb$$

De la ecuación 9

$$M = P_w DHh$$

$$M = \left( 9.7144 \frac{lb}{ft^2} \right) (3 ft)(7.64 ft)(3.82 ft)$$

$$M = 850.5384 lb \cdot ft$$

De la ecuación 10

$$t_w = \frac{12M}{\pi R^2 SE}$$

$$t_w = \frac{12(850.5384 lb \cdot ft)}{\pi(1.5)^2(16600)(0.85)}$$

$$t_w = 0.1023 in$$

#### 6.2.1.4 Por sismo:

Para el valor de C ver anexo 7 y 8.

De la ecuación 11

$$V = CW$$

$$V = (0.64)(3133.02 \text{ lb})$$

$$V = 2005.1328 \text{ lb}$$

De la ecuación 12

$$M = \frac{2CWH}{3}$$

$$M = \frac{(2)(0.64)(3133.02 \text{ lb})(7.64 \text{ ft})}{3}$$

$$M = 10212.8093 \text{ lb} \cdot \text{ft}$$

De la ecuación 13

$$t_s = \frac{12(10212.8093 \text{ lb} \cdot \text{ft})}{\pi(1.5)^2(16600 \text{ PSI})(0.85)}$$

$$t_s = 1.2287 \text{ in}$$

#### 6.2.1.5 Por vibración:

Como un resultado de la presión del viento y de las fuerzas producidas por los sismos, se produce vibración.

De la ecuación 14

$$T_a = 0.8 \sqrt{\frac{WH}{Vg}}$$

$$T_a = 0.8 \sqrt{\frac{(3133.02 \text{ lb})(7.64 \text{ ft})}{(2005.1328 \text{ lb}) \left(32.2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}\right)}}$$

$$T_a = 0.4871 \text{ segundos}$$

De la ecuación 15

$$T = 0.0000263 \left(\frac{H}{D}\right)^2 \sqrt{\frac{wD}{t}}$$

$$T = 0.0000263 \left(\frac{7.64ft}{3ft}\right)^2 \sqrt{\frac{\left(410.0811 \frac{lb}{ft}\right) (3ft)}{\frac{1}{4}in}}$$

$$T = 0.01196 \text{ segundos}$$

$$T \leq Ta$$

$$\mathbf{0.01196 \leq 0.4871}$$

#### 6.2.1.6 Por carga:

De la ecuación 16

$$t = \frac{W}{\pi DSE}$$

$$t = \frac{(3133.02 lb)}{\pi(36 in)(16600 PSI)(0.85)}$$

$$\mathbf{t = 0.0019 in}$$

De la ecuación 17

$$t_{TOTAL} = \sum t$$

$$t_{TOTAL} = t_{viento} + t_{sismo} + t_{carga}$$

$$t_{TOTAL} = 0.1023 in + 1.2287 in + 0.0019 in$$

$$t_{TOTAL} = 1.3329 in$$

$$15 \% \text{ de factor de seguridad} = \mathbf{1.5328 in}$$

∴ El espesor del faldón del filtro multicama sería de 1.5328 in en adelante.

## 6.2.2 Filtro de carbón activado

### 6.2.2.1 Espesor del filtro

Datos:

Material ASTM 285-C

D= 42 in

L= 72 in

$P_o = 2\text{kgf}/\text{cm}^2 = 28.44\text{ PSI}$

P= 58 PSI

S= 16500 PSI

CA= 1/8 in

E= 0.85

De la Ecuación 5

$$t_c = \frac{PR}{SE - 0.4P} + CA$$

$$t_c = \frac{(58.44\text{ PSI})(21\text{ in})}{(16500\text{ PSI})(0.85) - (0.4)(58.44\text{ PSI})} + \frac{1}{8}\text{ in}$$

$$t_c = 0.2126\text{ in}$$

De la Ecuación 6

$$t_t = \frac{PD}{2SE - 1.8P} + CA$$

$$t_t = \frac{(58.44\text{ PSI})(42\text{ in})}{(2)(16500\text{ PSI})(0.85) - (1.8)(58.44\text{ PSI})} + \frac{1}{8}\text{ in}$$

$$t_t = 0.2128\text{ in}$$

∴ El espesor del cuerpo es de 0.2126 in y el espesor de la tapa es de 0.2128 in

### 6.2.2.2 Pesos del filtro:

Peso del cuerpo y la tapa cuando el recipiente está vacío ver anexo 4.

$W_{\text{cuerpo}} = 113\text{ lb (4)} = 452\text{ lb}$

$W_{\text{tapa}} = 165\text{ lb (2)} = 330\text{ lb}$

$W_{\text{total}} = 782\text{ lb (vacío)}$

Peso del cuerpo y la tapa cuando el recipiente está lleno de agua ver anexo 5.

$$W_{cuerpo} = 601 \text{ lb (4)} = 2404 \text{ lb}$$

$$W_{tapa} = 350.4 \text{ lb (2)} = 700.8 \text{ lb}$$

$$W_{total} = 3104.8 \text{ lb (lleno)}$$

$$W_{total1} = W_{total \text{ vacio}} + W_{total \text{ lleno}} = 782 \text{ lb} + 3104.8 \text{ lb} = 3886.8 \text{ lb}$$

Por código ASME se le agrega el 10% del peso total

$$W_{TR} = 3886.8 \text{ lb (1.10)} = \mathbf{4275.48 \text{ lb}}$$

∴ El peso total del cuerpo es de 4275.48 lb

### 6.2.2.3 Por viento:

La velocidad del viento se seleccionó en la zona de Tuxtla Gutiérrez ver anexo 6.

La altura del faldón se consideró 1.64 ft= 50 cm

El material del faldón es SA-36 (16600 PSI)

De la ecuación 7

$$V_w = 19 \frac{m}{s} = 62.3359 \frac{ft}{s}$$

$$P_w = 0.0025 \left( 62.3359 \frac{ft}{s} \right)^2$$

$$P_w = 9.7144 \frac{lb}{ft^2}$$

De la ecuación 8

$$V = P_w D H$$

$$V = \left( 9.7144 \frac{lb}{ft^2} \right) (3.5 \text{ ft}) (7.64 \text{ ft})$$

$$V = 259.7630 \text{ lb}$$

De la ecuación 9

$$M = P_w D H h$$

$$M = \left(9.7144 \frac{lb}{ft^2}\right)(3.5 ft)(7.64 ft)(3.82 ft)$$

$$M = 992.2948 lb \cdot ft$$

De la ecuación 10

$$t_w = \frac{12M}{\pi R^2 SE}$$

$$t_w = \frac{12(992.2948 lb \cdot ft)}{\pi(1.75)^2(16600 PSI)(0.85)}$$

$$t_w = 0.0877 in$$

#### 6.2.2.4 Por sismo:

Para el valor de C ver anexo 7 y 8.

De la ecuación 11

$$V = CW$$

$$V = (0.64)(4275.48 lb)$$

$$V = 2736.3072 lb$$

De la ecuación 12

$$M = \frac{2CWH}{3}$$

$$M = \frac{(2)(0.64)(4275.48 lb)(7.64 ft)}{3}$$

$$M = 13936.9246 lb \cdot ft$$

De la ecuación 13

$$t_s = \frac{12(13936.9246 lb \cdot ft)}{\pi(1.75)^2(16600 PSI)(0.85)}$$

$$t_s = 1.2319 in$$

### 6.2.2.5 Por vibración:

Como un resultado de la presión del viento y de las fuerzas producidas por los sismos, se produce vibración.

De la ecuación 14

$$T_a = 0.8 \sqrt{\frac{WH}{Vg}}$$

$$T_a = 0.8 \sqrt{\frac{(4275.48 \text{ lb})(7.64 \text{ ft})}{(2736.3072 \text{ lb}) \left(32.2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}\right)}}$$

$$T_a = 0.4871 \text{ segundos}$$

De la ecuación 15

$$T = 0.0000263 \left(\frac{H}{D}\right)^2 \sqrt{\frac{wD}{t}}$$

$$T = 0.0000263 \left(\frac{7.64 \text{ ft}}{3.5 \text{ ft}}\right)^2 \sqrt{\frac{\left(559.6178 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}\right) (3.5 \text{ ft})}{\frac{1}{4} \text{ in}}}$$

$$T = 0.01109 \text{ segundos}$$

$$T \leq T_a$$

$$\mathbf{0.01109 \leq 0.4871}$$

### 6.2.2.6 Por carga:

De la ecuación 16

$$t = \frac{W}{\pi D S E}$$

$$t = \frac{(4275.48 \text{ lb})}{\pi (42 \text{ in}) (16600 \text{ PSI}) (0.85)}$$

$$\mathbf{t = 0.0022 \text{ in}}$$



De la ecuación 17

$$t_{TOTAL} = \sum t$$

$$t_{TOTAL} = t_{viento} + t_{sismo} + t_{carga}$$

$$t_{TOTAL} = 0.0877 \text{ in} + 1.2319 \text{ in} + 0.0022 \text{ in}$$

$$t_{TOTAL} = 1.3218 \text{ in}$$

$$15 \% \text{ de factor de seguridad} = \mathbf{1.5207 \text{ in}}$$

∴ El espesor del faldón del filtro de carbón activado sería de 1.5207 in en adelante.

## 6.2.3 Filtro Suavizador

### 6.2.3.1 Espesor del filtro:

Datos:

Material ASTM 285-C

D= 30 in

L= 72 in

$P_o = 2 \text{ kgf/cm}^2 = 28.44 \text{ PSI}$

P= 58 PSI

S= 16500 PSI

CA= 1/8 in

E= 0.85

De la Ecuación 5

$$t_c = \frac{PR}{SE - 0.4P} + CA$$

$$t_c = \frac{(58.44 \text{ PSI})(15 \text{ in})}{(16500 \text{ PSI})(0.85) - (0.4)(58.44 \text{ PSI})} + \frac{1}{8} \text{ in}$$

$$t_c = \mathbf{0.1876 \text{ in}}$$

De la Ecuación 6

$$t_t = \frac{PD}{2SE - 1.8P} + CA$$

$$t_t = \frac{(58.44 \text{ PSI})(30 \text{ in})}{(2)(16500 \text{ PSI})(0.85) - (1.8)(58.44 \text{ PSI})} + \frac{1}{8} \text{ in}$$

$$t_t = 0.1877 \text{ in}$$

∴ El espesor del cuerpo es de 0.1876 in y el espesor de la tapa es de 0.1877 in

### 6.2.3.2 Pesos del filtro:

Peso del cuerpo y la tapa cuando el recipiente está vacío ver anexo 4.

$$W_{\text{cuerpo}} = 81 \text{ lb (4)} = 324 \text{ lb}$$

$$W_{\text{tapa}} = 89 \text{ lb (2)} = 178 \text{ lb}$$

$$W_{\text{total}} = 502 \text{ lb (vacío)}$$

Peso del cuerpo y la tapa cuando el recipiente está lleno de agua ver anexo 5.

$$W_{\text{cuerpo}} = 306 \text{ lb (4)} = 1224 \text{ lb}$$

$$W_{\text{tapa}} = 127.7 \text{ lb (2)} = 255.4 \text{ lb}$$

$$W_{\text{total}} = 1478.4 \text{ lb (lleno)}$$

$$W_{\text{total1}} = W_{\text{total vacío}} + W_{\text{total lleno}} = 502 \text{ lb} + 1478.5 \text{ lb} = 1980.4 \text{ lb}$$

Por código ASME se le agrega el 10% del peso total

$$W_{TR} = 1980.4 \text{ lb (1.10)} = \mathbf{2178.44 \text{ lb}}$$

∴ El peso total del cuerpo es de 2178.44 lb

### 6.2.3.3 Por viento:

La velocidad del viento se seleccionó en la zona de Tuxtla Gutiérrez ver anexo 6.

La altura del faldón se consideró 1.64 ft= 50 cm

El material del faldón es SA-36 (16600 PSI)

De la ecuación 7

$$V_w = 19 \frac{m}{s} = 62.3359 \frac{ft}{s}$$

$$P_w = 0.0025 \left( 62.3359 \frac{ft}{s} \right)^2$$

$$P_w = 9.7144 \frac{lb}{ft^2}$$

De la ecuación 8

$$V = P_w DH$$

$$V = \left(9.7144 \frac{lb}{ft^2}\right)(2.55 ft)(7.64 ft)$$

$$V = 185.5450 lb$$

De la ecuación 9

$$M = P_w DHh$$

$$M = \left(9.7144 \frac{lb}{ft^2}\right)(2.5 ft)(7.64 ft)(3.82 ft)$$

$$M = 708.7820 lb \cdot ft$$

De la ecuación 10

$$t_w = \frac{12M}{\pi R^2 SE}$$

$$t_w = \frac{12(708.7820 lb \cdot ft)}{\pi(1.25)^2(16600 PSI)(0.85)}$$

$$t_w = \mathbf{0.1227 in}$$

#### 6.2.3.4 Por sismo:

Para el valor de C ver anexo 7 y 8.

De la ecuación 11

$$V = CW$$

$$V = (0.64)(2178.54 lb)$$

$$V = 1394.2656 lb$$

De la ecuación 12

$$M = \frac{2CWH}{3}$$

$$M = \frac{(2)(0.64)(2178.54 \text{ lb})(7.64 \text{ ft})}{3}$$

$$M = 7101.4594 \text{ lb} \cdot \text{ft}$$

De la ecuación 13

$$t_s = \frac{12(7101.4594 \text{ lb} \cdot \text{ft})}{\pi(1.25)^2(16600 \text{ PSI})(0.85)}$$

$$t_s = 1.2303 \text{ in}$$

### 6.2.3.5 Por vibración:

Como un resultado de la presión del viento y de las fuerzas producidas por los sismos, se produce vibración.

De la ecuación 14

$$T_a = 0.8 \sqrt{\frac{WH}{Vg}}$$

$$T_a = 0.8 \sqrt{\frac{(2178.54 \text{ lb})(7.64 \text{ ft})}{(1394.2656 \text{ lb}) \left(32.2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}\right)}}$$

$$T_a = 0.4871 \text{ segundos}$$

De la ecuación 15

$$T = 0.0000263 \left(\frac{H}{D}\right)^2 \sqrt{\frac{wD}{t}}$$

$$T = 0.0000263 \left(\frac{7.64 \text{ ft}}{2.5 \text{ ft}}\right)^2 \sqrt{\frac{\left(284.1492 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}\right) (2.5 \text{ ft})}{\frac{1}{4} \text{ in}}}$$

$$T = 0.0130 \text{ segundos}$$

$$T \leq T_a$$

$$0.0130 \leq 0.4871$$

### 6.2.3.6 Por carga:

De la ecuación 16

$$t = \frac{W}{\pi DSE}$$

$$t = \frac{(2178.54 \text{ lb})}{\pi(30 \text{ in})(16600 \text{ PSI})(0.85)}$$

$$t = \mathbf{0.0016 \text{ in}}$$

De la ecuación 17

$$t_{TOTAL} = \sum t$$

$$t_{TOTAL} = t_{viento} + t_{sismo} + t_{carga}$$

$$t_{TOTAL} = 0.1227 \text{ in} + 1.2303 \text{ in} + 0.0016 \text{ in}$$

$$t_{TOTAL} = 1.3546 \text{ in}$$

$$15 \% \text{ de factor de seguridad} = \mathbf{1.5577 \text{ in}}$$

∴ El espesor del faldón del filtro del suavizador 1 y 2 sería de 1.5577 in en adelante.

## CAPITULO 7 DISEÑO DEL EQUIPO

### 7.1 Filtro multicama

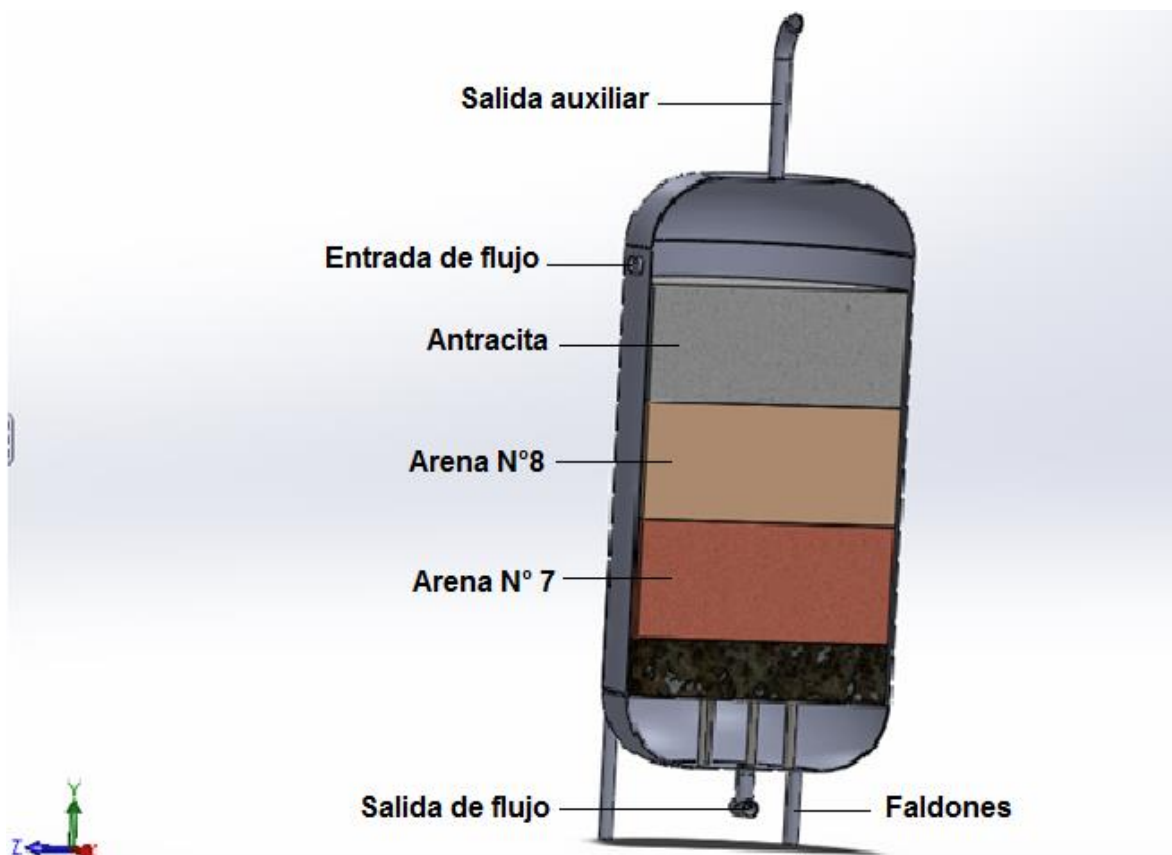


Figura 7.1 Diseño del filtro multicama.

#### 7.1.1 Capas del filtro multicama:

##### 7.1.1.1 Antracita

Tomando en cuenta que el flujo de entrada será en la parte superior del filtro multicama, La primera capa con que tendrá contacto el agua recolectada de techumbre será de antracita. Se seleccionó este material debido a que es un excelente medio de filtración para clarificación del agua en uso potable o industrial, cuando es usada en combinación con arenas filtrantes. Debido a la forma especial de sus granos permite que el material que se encuentra en suspensión sea retenido en la profundidad del lecho filtrante. Esta capa ocupará un % dentro del filtro. La capa va a ocupar 20% del volumen total del filtro.

##### 7.1.1.2 Arena N°8 (0.59-0.15 mm)

Esta será la segunda capa por la que atravesara el fluido. El material se escogió debido al tamaño tan pequeño que tienen los granos, y será de gran utilidad para la siguiente capa de filtración. En general entre más grueso es la arena permite un mayor tiempo de filtrado.

La arena será utilizada como lechos filtrantes para la retención de partículas muy pequeñas. Esta capa ocupara 20% de la capacidad total del filtro.

#### **7.1.2.3 Arena N°7 (1.0 – 0.6 mm)**

La tercera capa de filtración que atravesara el fluido. Debido al tamaño no dejan pasar partículas, ya que conforme van descendiendo las capas se compone de gránulos grandes con poca densidad. La capa va ocupar 20% del volumen total del filtro.

#### **7.1.2.4 Grava**

La última capa de filtración consiste en un material donde una gran porción de las partículas son redondas, estas deben poseer dureza y resistencia a la degradación durante el manejo y uso. El espesor de la capa de grava debe ser cuando menos 3 veces el diámetro de la partícula más grande, pero no menor a 3". Esta capa ocupara el 10% de la capacidad total del filtro.

#### **7.1.2.5 Mallas de acero inoxidable**

Se utilizara como medio de filtración para separar cada uno de las capas que llevara el filtro multicama.

Malla 1: Separador de las capas antracita (0.6 mm) y arena N°8 (0.59-0.15 mm) la distancia entre los ejes de la malla debe ser menor de 1 mm, la malla ideal es (30x30) Ver anexo 10.

Malla 2: Separador de las capas arena N°8 (0.59-0.15 mm) y arena N°7 (1-0.6 mm) la distancia entre los ejes de la malla debe ser menor a 0.15 mm, la malla ideal es (100x100).

Malla 3: Separador de las capas arena N°7 (1-0.6 mm) y grava (3.35-1.70 mm) la distancia entre los ejes de la malla debe ser menor a 0.6 mm, la malla ideal es de (30x30).

Malla 4: Separador entre la grava y la placa, la distancia entre los ejes de la malla debe ser menor a 1.70 mm, la malla ideal es de (10x10).

#### **7.1.2.6 Placas Crepinas**

Se trata de una placa horizontal de material Acero inoxidable AISI 304 en la parte baja del tanque sobre la que descansa el medio filtrante. En ésta se distribuyen uniformemente un número determinado de crepinas ranuradas encargadas de recoger el agua filtrada. Este sistema permite una excelente distribución del agua durante el contra-lavado y es muy apropiado para aquellos casos en que se requiera un lavado con aire, estas placas se incluirán en los 3 filtros.

#### **7.1.3 Finalidad del filtro multicama**

Los filtros multicapas tienen la finalidad de remover sólidos suspendidos en el agua de tamaños de hasta 10 micrómetros lo que quiere decir que todo sólido en suspensión

(tierra, polen, basuras pequeñas, etc.) mayor a 10 micrómetros quedarán retenidos en el filtro para después ser desechados y de esta forma no permitir que los sólidos pasen a la siguiente etapa del proceso.

La filtración se lleva a cabo por una diferencia de presión que hace necesario el uso de un equipo de bombeo o hidroneumático. Dicha función tiene como beneficio que el agua tratada quede parcialmente libre de sólidos en suspensión los cuales afectan la calidad del agua de reutilización y del proceso de filtración es del tipo profundo en donde la capa superior de material filtrante es la de mayor tamaño de fragmentos, después el agua pasa a una capa de menor tamaño de fragmentos y por último pasa por una capa fina de fragmentos que hacen la filtración final de 10 micrómetros.

## 7.2 Filtro de carbón activado



Figura 7.2 Diseño del filtro de carbón activado.

### 7.2.1 Carbón activado

La selección de este material se realizó debido a que el agua pluvial viene con un grado de acidez elevado. Además cuando se va almacenar el agua en la cisterna, entrara en contacto con un sedimentador que se le aplicara a dicho depósito y se busca eliminar los residuos del sedimentador. Los contaminantes típicamente presentes en el agua pluvial suelen ser de bajo peso molecular y para estos casos el carbón más adecuado es uno de alta micro porosidad, el carbón que cumple con esta condición es el de cascara de coco.



### 7.2.2 Mallas de acero inoxidable

En este caso solo llevara una malla que es el que separara el carbón activado (0.8 mm) con la placa, la malla ideal es (24x24).

### 7.2.3 Finalidad del filtro de carbón activado

La función del filtro de carbón activado es la de remover contaminantes, como son olor y sabor, del agua por medio de adsorción. La adsorción es un proceso por el cual moléculas de impurezas se adhieren a la superficie del carbón activado. La adherencia es gobernada por una atracción electro-química.

El proceso de adsorción trabaja como un imán para mantener las impurezas en la superficie del carbón activado. Esto es una acción diferente de aquella que actúa como una esponja en el proceso de absorción, en el cual un gas o líquido es succionado hasta el centro del cuerpo poroso y allí mantenido.

El carbón activado también es conocido por su extraordinaria habilidad en eliminar el cloro y su gusto y olor relacionados por la reducción química para una forma no detectable por los sentidos (por ejemplo, cloruros).

### 7.3 Filtro suavizador

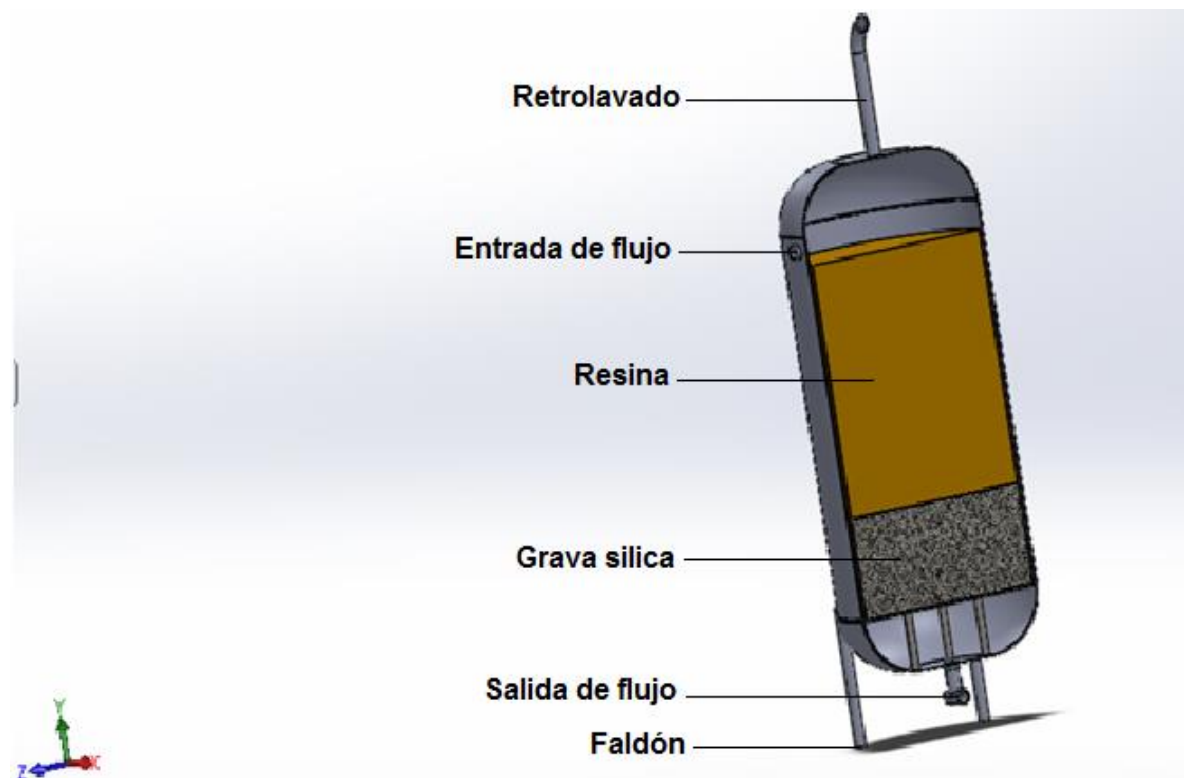


Figura 7.3 Diseño del suavizador.

### **7.3.1 Resina**

El agua de lluvia que se va almacenar viene dura, por lo cual se requiere que sea suavizada. En el proceso de suavizar el agua se le quitan los minerales en concentración que pueda tener dentro de su composición molecular, ya que estos provocan incrustaciones y obstrucciones en las tuberías.

La resina que se utilizara es de tipo Sh-H100 con alta eficiencia en intercambio iónico para uso industrial se elimina la dureza iones por ejemplo: Calcio y Magnesio, sustituyéndolos por los iones de sodio, cuando la capa de resina se agota con iones de dureza, se regenera a la capacidad inicial con sal industrial. La capa de resina ocupara 50% del volumen total del suavizador.

### **7.3.2 Grava silica**

Se utilizara como relleno en la parte más baja del suavizador por ser un material económico y no imparte ninguna característica al agua tratada. Ocupará el 20% de la capacidad total del suavizador.

### **7.3.3 Mallas de acero inoxidable**

Malla 1: Separador de las capas Resina (1-0.3 mm) y grava silica (25.4-2.36 mm) la distancia entre los ejes de la malla debe ser menor de 0.3 mm, la malla ideal es de (50x50).

Malla 2: Separador entre la grava silica (25.4-2.36 mm) y la placa, la distancia entre los ejes de la malla debe ser menor a 2.36 mm, la malla ideal es de (10x10).

### **7.3.4 Finalidad del suavizador**

Para eliminar la dureza del agua o el sarro (carbonatos de calcio y de magnesio), el agua entra al suavizador por un orificio de admisión que se encuentra en la parte superior del equipo, pasa por un lecho de resina catiónica cargada con cloruro de sodio que atrae y atrapa las partículas de carbonato de calcio y de magnesio (intercambio iónico) reteniéndolas hasta que la resina se satura y es necesario regenerarla inyectándole cloruro de sodio que se encuentra en un depósito lateral al suavizador de agua. Con este proceso, el suavizador produce agua libre de sarro. Todo este proceso se realiza de manera automática.

## 7.4 Funcionamiento de los equipos

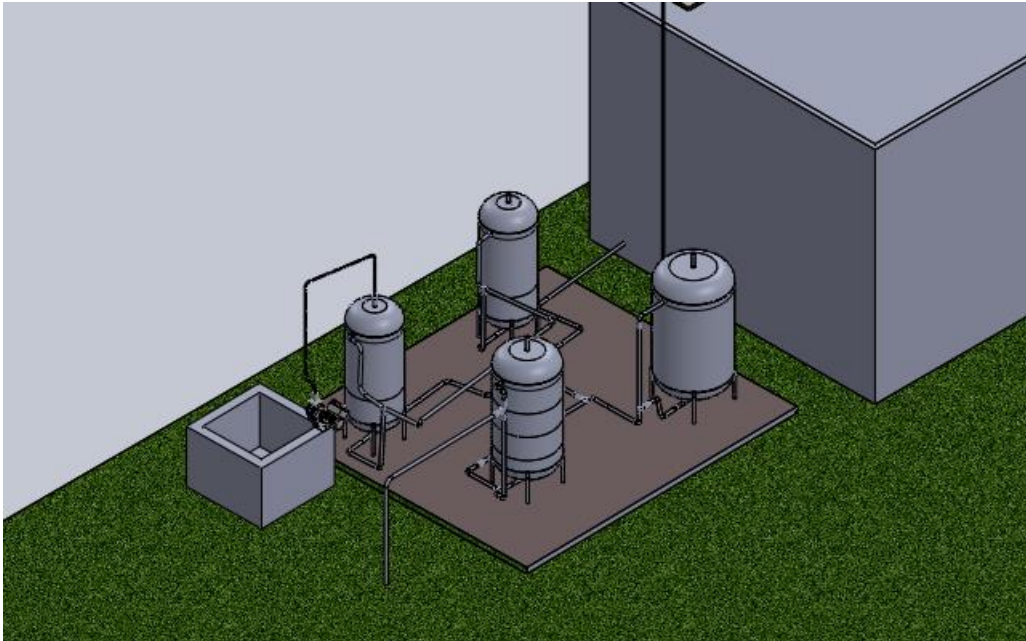


Figura 7.4 Estructura de las etapas de proceso en el diseño.

El agua que se almacena en la cisterna interna contienen muchos solidos (basura, polvos), atreves de la bomba se envía el líquido hacia el filtro multicapa, su entrada es por la parte superior y su salida es por la parte inferior, su función es retener los sólidos que contienen en la cisterna interna.

En la cisterna interna el agua pasa por un proceso de clorado y máximo son 5 ppm (partes por millón) y su llegada a la cisterna externa es .5 ppm (partes por millón) de cloro, después de pasar el agua atreves del filtro de arena se envía al filtro de carbón activado su función es eliminar la carga residual del agua y está constituido únicamente por carbón activado entra por la parte superior y su salida es por la parte inferior.

La última etapa es pasar el agua por los suavizadores que se conecta en un ramal de derivación de tuberías que alimenta a los 2 suavizadores y contiene una resina amarilla tipo Sh-H100 de intercambio iónico con lo cual se captura todos los carbonatos de calcio, magnesio y silicio que hacen que en una maquinaria se provoque una incrustación de terrones o sarro, si no se suaviza el agua cuando se trabaje a una temperatura arriba de 30 a 45°C se corre el riesgo de que los equipos se incrusten por que se va calentado el agua y los sólidos con carbonatos se solidificarían y formarían terrones, para evitar eso se atrapa con intercambio iónico(resina) el cual evita que pase con muchos minerales hacia la cisterna externa, los suavizadores constan con una línea de salida en la cual se sacara una muestra cada 20 minutos con Ericromo negro para medir la dureza del agua.

Las sustancias EDTA y Ericromo negro se mezclan con 10 ml de agua para sacar la dureza en la cual no se debe de pasar los 50 ppm y si se pasa se dice que el suavizador está saturado o que todos los carbonatos quedan rezagados y la resina ya no tiene la forma atrapar los carbonatos entonces se dice que se encuentra incrustado, cuando eso

sucede se tiene el segundo equipo que se mete el agua abriendo las válvulas por lo cual es un trabajo continuo, si uno se satura el otro queda trabajando.

Cuando se encuentra saturado se tendrá que retro lavar este proceso consiste en adicionarle salmuera (grano industrial) con un pH de 7, la cual se envía atreves de la bomba y entra en la parte superior del suavizador con una manguera, posteriormente se cierra la válvula que va hacia proceso.

El diseño consta de 2 formas para realizar el retro lavado la primera es dejar reposar la salmuera dentro del interior del suavizador y la otra es recircularlo. Una vez que ya se recirculo se tiene que eliminar abriendo la válvula que se encuentra en la parte inferior tirando el agua de sal hasta que salga limpia.

## CAPITULO 8. DESARROLLO DEL SISTEMA

La función del sistema, es captar el agua precipitada por medio de los techos de las naves de las instalaciones. Los techos de las naves son del tipo de dos aguas. El agua captada es encausada hacia las canaletas de recolección, estas canaletas se encuentran en los bordes inferiores de los techos, tanto en los extremos como en la parte central. Una vez se encuentra en este punto, toda el agua se va agrupando por medio de tuberías hasta el depósito de recolección, que en caso de la empresa sería la cisterna que se encuentra debajo de la nave 2, la cual cuenta con una capacidad de 108,000 litros.

Lácteos de Chiapas, cuenta con dos naves dentro de sus instalaciones. La nave 1, es aquella en donde se encuentra el área de producción láctea, y la zona de carga y descarga de productos. La nave 2, es el almacén de producto terminado, una zona dispuesta para la ubicación de las calderas y un área destinada para el laboratorio donde se lleva a cabo la elaboración de pruebas químicas, tanto para el producto como para los empaques.

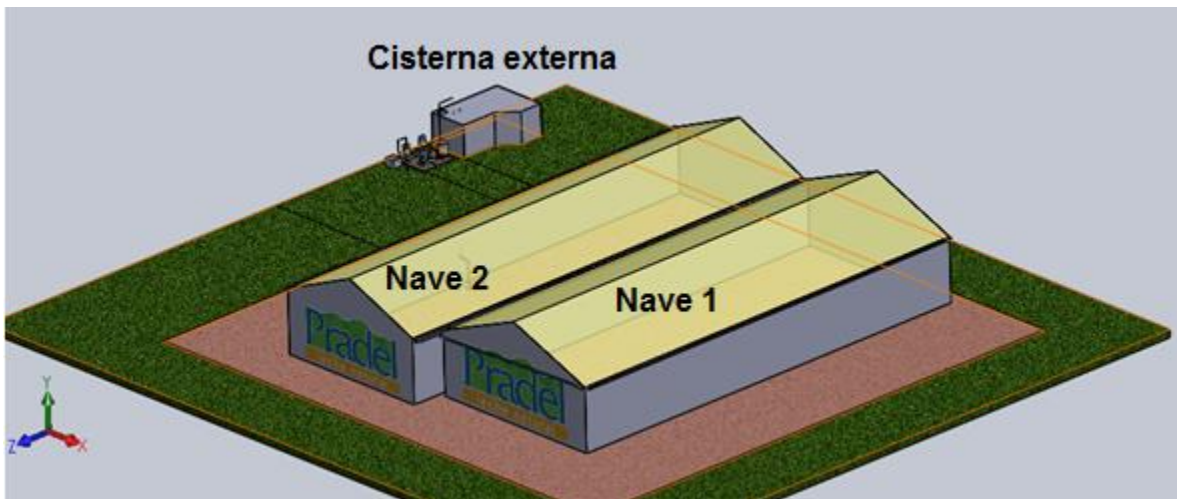


Figura 8.1 Disposición de las naves dentro de las instalaciones.

### 8.1 Área para captación en los techos

El área máxima que dispone en las instalaciones, es el resultante de la suma de las áreas de las dos naves. La nave 1, tiene un área de 1,403.5 metros cuadrados, la nave 2, tiene 1334.6 metros cuadrados. En total, la empresa cuenta con 2,738.1 metros cuadrados, disponibles para satisfacer sus necesidades.

### 8.2 Consideraciones de diseño

Se ha dispuesto utilizar los techos de ambas naves para obtener una mayor captación de agua. La manera de operar del mecanismo será el siguiente: El agua pluvial será captada en techumbre mediante canaletas que en los extremos tendrán dimensiones de 12 pulgadas y 16 pulgadas en la unión de ambas naves al centro, y mediante tuberías será transportada hasta cisterna. Existe una tubería que pasara en frente de la nave 1, y tendrá

una inclinación de 5° para evitar el estancamiento de agua y que continúe con su flujo. Contaran con filtros antes de ingresar a cisterna. Una vez concentrada el agua en el depósito, será enviada con la ayuda de una bomba hacia la cisterna central que posee la empresa y que sea utilizada con la finalidad de evitar gastos mayores y que se vean reflejados en el estado financiero de PRADEL.

Con el efecto de minimizar los costos del sistema se utilizaran 2 tapas en la cisterna interna que se encuentra dentro de la nave 2, en la tapa número 1 se encuentra en el centro de las dos naves, se unirá el tubo de descarga de la nave 1 y el centro de la nave con un “Tee Yee reducida”, para que posteriormente el agua captada se descargue en la dicha tapa, la tubería numero 1 no se puede en el interior de la nave debido a que el espacio se encuentra ocupado de productos lácteos terminados y se decidió pasar la tubería por el exterior de la nave. La tapa número 2 se encuentra en el extremo izquierdo de la cisterna para captar directamente el agua de la canaleta 2.

### 8.3 Canaletas en los techos

La función de las canaletas en los techos y las bajadas de agua, es evitar daños a la infraestructura. Estos elementos también alejan el agua de puntos sensibles como puertas, ventanas, áreas de paso, y fuentes eléctricas. Lácteos de Chiapas, ya cuenta con una red de colectores en los techos y bajadas de agua en sus naves.

Estas se encuentran instaladas en los costados y al centro de la nave, y están conectadas directamente a la red de alcantarillado pluvial, el cual pasa a la orilla de cada nave. En la nave analizada, las canaletas se encuentran corroídas y deterioradas, por lo que se deberán cambiar por nuevas. Las canaletas que se deben colocar deben poseer las características que se mencionan en los siguientes apartados.

#### 8.3.1 Dimensionamiento de la canaleta

El utilizar canaletas, es el principio del aprovechamiento de toda el agua captada por los techos. Las canaletas demasiado pequeñas no serán capaces de transportar toda el agua captada, y por lo tanto, se desperdiciará el agua captada. Por contraparte, una canaleta demasiado grande incrementará el costo del sistema, y provocará un estancamiento en el agua captada, incrementando el crecimiento biológico en esta área.

Para encontrar el área transversal que las canaletas deben tener, se utiliza la ecuación de continuidad de flujos

**Cálculo de las canaletas:**

$$A = \left( \frac{Qp}{v} \right) \quad \text{(Ecuación 18)}$$

$$Qp = \frac{(0.278)(P)(A_{cap})}{tp} \quad \text{(Ecuación 19)}$$

$$tp = 2\sqrt{tc} + 0.6tc \quad \text{(Ecuación 20)}$$

$$t_c = 0.000325 \left( \frac{L^{0.77}}{s^{0.385}} \right) \quad (\text{Ecuación 21})$$

- Fuente de la ecuación 18 al 21: Sistema de captación de agua de lluvia (COLPOS 1) (Centro Internacional de Demostración y Captación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia CIDECALLI).

Donde:

$Q_p$  = Flujo en la canaleta  $\left( \frac{m^3}{s} \right)$

P = Precipitación máxima en 1 día (mm)

$A_{cap}$  = Área de captación ( $km^2$ )

$t_p$  = Tiempo en el que se alcanza el máximo escurrimiento en la cuenca (h)

$t_c$  = Tiempo de concentración (h)

L = Longitud del área de captación (m)

s = pendiente media (5%)

v = velocidad de flujo en la canaleta (la velocidad en las canaletas con inclinación de 4° a 6° es de  $1.2 \left( \frac{m}{s} \right)$ )

A = Área de la sección transversal ( $m^2$ )

0.278 = Factor de conversión en  $\left( \frac{m^3}{s} \right)$

### Cálculo de la canaleta 1 en su extremo:

Datos:

L = 60.83 m

s = 0.05

P = 67 mm

$A_{cap} = 7.01727 \times 10^{-4} Km^2$

v =  $1.2 \left( \frac{m}{s} \right)$

Sustituyendo L, s de la Ec. 21

$$t_c = 0.000325 \left( \frac{60.83m^{0.77}}{0.05^{0.385}} \right) = \mathbf{0.024352h} \quad \mathbf{R. (56)}$$

Sustituyendo R.(56) en la ec.(20):

$$tp = 2\sqrt{0.024352}h + 0.6(0.024352)h = \mathbf{0.32671h} \quad \mathbf{R. (57)}$$

Sustituyendo P,  $A_{cap}$ , R.(57) en la ec.(19):

$$Qp = \frac{(0.278)(67mm)(7.01727 \times 10^{-4} Km^2)}{0.32671h} = \mathbf{0.040006 \frac{m^3}{s}} \quad \mathbf{R. (58)}$$

Sustituyendo R.(58), v, en la ec.(18):

$$A = \frac{\mathbf{0.040006 \frac{m^3}{s}}}{\mathbf{1.2 \frac{m}{s}}} = \mathbf{0.033338m^2} \quad \mathbf{R. (59)}$$

$$\frac{\pi d^2}{8} = 333.3835cm^2$$

$$d = 29.1368cm = \mathbf{11.4711in} \quad \mathbf{R. (60)}$$

### **Cálculo de la canaleta de la Nave 2 en su extremo:**

Datos:

$$L = 60.83 \text{ m}$$

$$s = 0.05$$

$$P = 67 \text{ mm}$$

$$A_{cap} = 6.67305 \times 10^{-4} Km^2$$

$$v = 1.2 \left( \frac{m}{s} \right)$$

Sustituyendo L, s, en la ec.(21):

$$t_c = 0.000325 \left( \frac{60.83m^{0.77}}{0.05^{0.385}} \right) = \mathbf{0.024352h} \quad \mathbf{R. (61)}$$

Sustituyendo R.(61) en la ec.(20):

$$tp = 2\sqrt{0.024352}h + 0.6(0.024352)h = \mathbf{0.32671h} \quad \mathbf{R. (62)}$$

Sustituyendo P,  $A_{cap}$ , R.(62) en la ec.(19):



$$Qp = \frac{(0.278)(67mm)(6.67305 \times 10^{-4} Km^2)}{0.32671h} = \mathbf{0.038043 \frac{m^3}{s}} \quad R. (63)$$

Sustituyendo R.(63), v en la ec.(18):

$$A = \frac{0.038043}{1.2} = \mathbf{0.031702m^2} \quad R. (64)$$

$$\frac{\pi d^2}{8} = 317.0299cm^2$$

$$d = 28.4132cm = \mathbf{11.1862in} \quad R. (65)$$

**Cálculo de la canaleta en el centro de la nave:**

Datos:

$$L = 60.83 \text{ m}$$

$$s = 0.05$$

$$P = 67 \text{ mm}$$

$$A_{cap} = 1.36903 \times 10^{-3} Km^2$$

$$v = 1.2 \left( \frac{m}{s} \right)$$

Sustituyendo L, s, en la ec.(21):

$$t_c = 0.000325 \left( \frac{60.83^{0.77}}{0.05^{0.385}} \right) = \mathbf{0.024352h} \quad R. (66)$$

Sustituyendo R.(66) en la ec.(20):

$$tp = 2\sqrt{0.024352} + 0.6(0.024352) = \mathbf{0.32671h} \quad R. (67)$$

Sustituyendo P,  $A_{cap}$ , R.(67) en la ec.(19):

$$Qp = \frac{(0.278)(67)(1.36903 \times 10^{-3})}{0.32671} = \mathbf{0.078049 \frac{m^3}{s}} \quad R. (68)$$

$$A = \frac{0.078049}{1.2} = \mathbf{0.066041m^2} \quad R. (69)$$

$$\frac{\pi d^2}{8} = 650.4125 \text{cm}^2$$

$$d = 40.6971 \text{cm} = 16.02225 \text{in} \quad R. (70)$$

Con el uso de las ecuaciones anteriores se ha definido el área transversal óptima para las canaletas, en la nave se deben de colocar tres juegos de canaletas, uno a cada extremo y una en la parte central de la nave. La canaleta del centro de la nave, debe de tener una canaleta de media caña con diámetro de 16 pulgadas, las canaletas de los extremos deben ser media caña con diámetro de 12 pulgadas, estas medidas aseguran que no abran perdidas en el sistema.

### 8.3.2 Materiales de la canaleta

La nave analizada, ya cuenta con canaletas metálicas alrededor de los techos. Sin embargo, debido a su prolongado uso, estas muestran corrosión en ciertas áreas. Por lo que, se deberá cambiarlas. Las canaletas industriales deberán ser metálicas, para prolongar su vida útil, así como resistencia a desgastes por el medio ambiente.

Cuando se compran las canaletas, se debe buscar aquellas que posean el mayor espesor. De preferencia, los materiales utilizados en estos elementos, deben ser vírgenes. De no ser posible, los materiales que deben seguir en la lista son aquellos que han sido reciclados, la cuestión con estos materiales es que, pueden presentar inconsistencias en la dureza del material, además podrían contener sustancias no potables disueltas en su estructura. Las canaletas hechas con este material son más propensas a sufrir daños por ramas, o al momento de ser sometidas a cargas por escaleras, cuando es necesario hacerles mantenimiento.

Los materiales para las canaletas más utilizados son: aluminio, acero galvanizado, acero inoxidable y plástico. Las canaletas de acero galvanizado son la opción más económica, además son más resistentes que las canaletas de aluminio, sin embargo, estas canaletas están propensas a sufrir corrosión con el tiempo. Tanto las canaletas de acero galvanizado, como las de aluminio, son las más utilizadas. En cuanto a las canaletas de acero inoxidable, aunque son las más caras, éstas presentan una mayor resistencia a cargas, se mantienen libres de corrosión, y poseen la mayor vida útil de todas.

Existe una opción no metálica para las canaletas, estas son las canaletas de vinilo o, como comúnmente se les llama, canaletas plásticas. Estas tienen la ventaja de que están libres de cualquier ataque de corrosión, y son económicas. Sin embargo, este tipo de canaletas son frágiles en su manejo, y puede presentar problemas si se expone a altas o bajas temperaturas. Por lo tanto, el orden recomendado en la búsqueda de canaletas, para el reemplazo por las anteriores es: canaletas de lámina galvanizada, acero inoxidable, aluminio, y por último las de vinilo.

### 8.3.3 Instalación de la canaleta

Para evitar el uso de sistemas hidráulicos o de un sedimentador para reducir la velocidad del agua, al mismo tiempo de que se sedimentan los sólidos suspendidos contenidos en

el agua captada, la pendiente de las canaletas no debe exceder un 10 por ciento, siendo la pendiente óptima entre los valores de 4 por ciento al 6 por ciento, de este modo se asegura que la velocidad se encuentra cercano a un valor de 1,2 metros por segundo. Por otra parte, las canaletas deben tener un orificio, para los cuellos de las bajadas de agua.

### **8.3.4 Mantenimiento de la canaleta**

Esta parte del sistema estará sometido a cargas cinéticas, por lo tanto, es necesario mantener un control frecuente en la tubería, soportes, y uniones de las canaletas y bajadas de agua. Las consideraciones de mantenimiento en esta parte del sistema son:

- Inspección cada 6 meses de cables tensores en las canaletas, así como en los soportes para las bajadas de agua. Cualquiera de los componentes que se encuentren rotos, dañados o faltantes deben ser reemplazados.
- Cada 6 meses hacer una limpieza de la vegetación, moho o cualquier material indeseado en las canaletas. Prestar atención a materiales acumulados en los cuellos de las bajadas de agua. Una vez estén limpias las canaletas, corroborar que la pendiente mantenga un valor entre 4 al 6 por ciento, por medio de un nivel calibrado, y haciendo circular agua a través de ellas.
- Podar árboles que se encuentren cerca de las canaletas, asegurando que estos se encuentren por lo menos a dos metros de distancia.

### **8.4 Conductores**

Son la parte del sistema encargada de enlazar la captación con el almacenaje. Los conductores son una red de tuberías las cuales agrupan todas las bajadas de agua en una sola tubería.

#### **8.4.1 Dimensionamiento de los conductores**

Si se mantiene la velocidad del fluido durante todo el trayecto de la red de agrupación, la presión interna que se genera dentro del cuerpo de la tubería no sobrepasa los límites establecidos por el proveedor. El diámetro de la tubería está definido por ecuación 5, la cual es una modificación de la ecuación de continuidad.

Para poder encontrar el caudal circulando dentro de las bajadas de agua, es necesario conocer la intensidad de lluvia máxima permisible en el área analizada. Este parámetro indica la razón de los milímetros precipitados en una hora. Para definir la intensidad de lluvia en el área en que se encuentra el sistema, se hará uso del siguiente mapa:

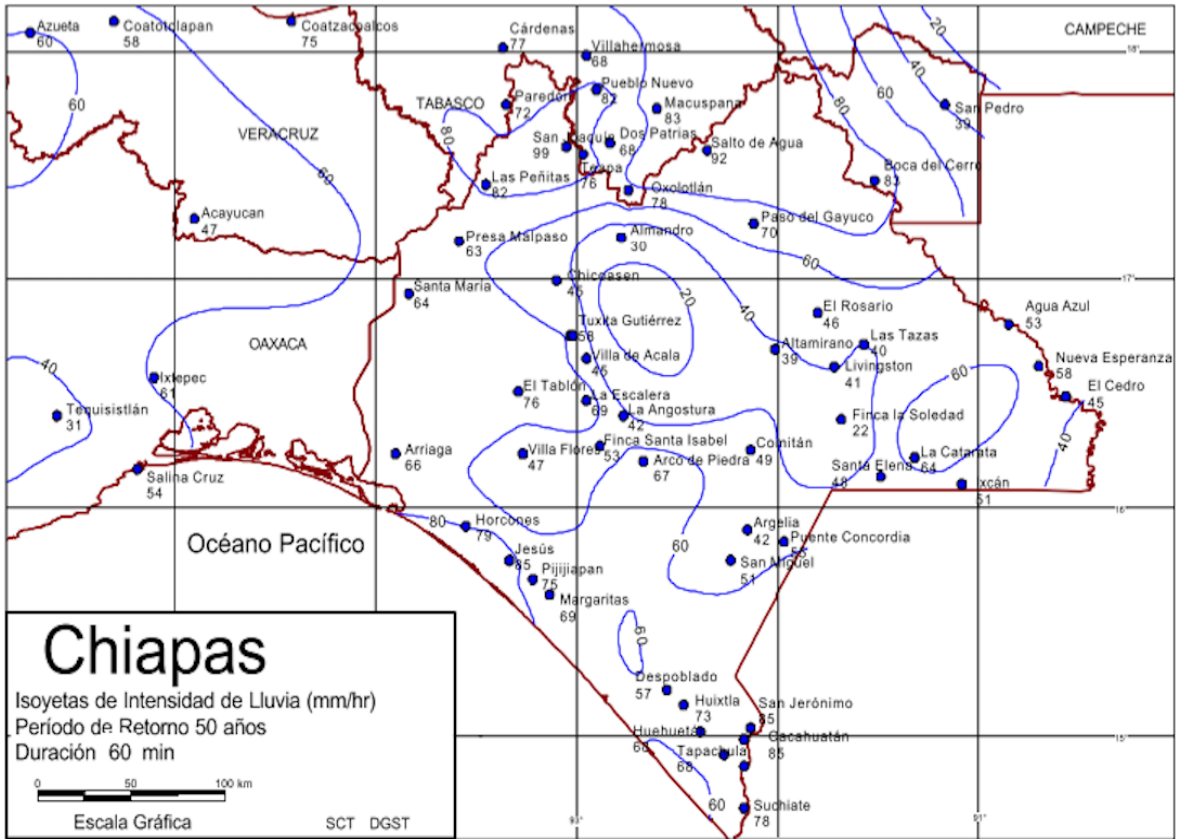


Figura 8.2 Distribución de la intensidad de la lluvia (2014).

Se puede observar que para Tuxtla Gutiérrez la intensidad de lluvia es de 58 milímetros por hora. Para Berriozábal sería un valor aproximado de 62 milímetros por hora, a partir de este dato es posible calcular el caudal que circula por las bajadas de agua. La expresión que se utiliza es la siguiente.

**Cálculo de las tuberías:**

$$Q_c = \frac{5}{18} (A_{cap}) (I_{lluvia}) \quad (\text{Ecuación 22})$$

$$D = 2 \sqrt{\frac{Q_c}{\pi v}} \quad (\text{Ecuación 23})$$

- Fuente de la ecuación 22 y 23: Sistema de captación de agua de lluvia (COLPOS 1) (Centro Internacional de Demostración y Captación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia CIDECALLI)

Donde:

$Q_c$  = Caudal de conducción (lps)

$A_{cap}$  = Área de captación ( $m^2$ )

$I_{lluvia}$  = Intensidad de la lluvia en 1 hora ( $\frac{m}{h}$ )

$D$  = Diámetro de la tubería (m)

$v$  = Velocidad del flujo en la canaleta ( $1.2 \frac{m}{s}$ )

$\frac{5}{18}$  = Factor de conversión de ( $\frac{m^3}{h}$ ) a lps

### **Cálculo de la tubería de la nave 1 en su extremo:**

Datos:

$$A_{cap} = 701.727m^2$$

$$I_{lluvia} = 0.062 \frac{m}{h}$$

$$v = 1.2 \frac{m}{s}$$

Sustituyendo  $A_{cap}$ ,  $I_{lluvia}$ , en la ec.(22):

$$Q_c = \frac{5}{18} (701.727m^2) \left(0.062 \frac{m}{h}\right) = \mathbf{12.085 lps} \quad \mathbf{R. (71)}$$

Sustituyendo R.(71),  $v$ , en la ec.(23):

$$D = 2 \sqrt{\frac{0.012085}{\pi \left(1.2 \frac{m}{s}\right)}} = 0.11323m = \mathbf{4.4578in} \quad \mathbf{R. (72)}$$

### **Cálculo de la tubería de la nave 2 en su extremo:**

Datos:

$$A_{cap} = 667.3051m^2$$

$$I_{lluvia} = 0.062 \frac{m}{h}$$

$$v = 1.2 \frac{m}{s}$$

Sustituyendo  $A_{cap}$ ,  $I_{lluvia}$ , en la ec.(22):

$$Q_c = \frac{5}{18} (667.3051)(0.062) = \mathbf{11.49247 \text{ lps}} \quad \mathbf{R. (73)}$$

Sustituyendo R.(73), v, en la ec.(23):

$$D = 2 \sqrt{\frac{0.011492}{\pi(1.2 \frac{m}{s})}} = 0.11042m = \mathbf{4.3473in} \quad \mathbf{R. (74)}$$

#### **Cálculo de la tubería en el centro de la nave:**

Datos:

$$A_{cap} = 1,369.0321m^2$$

$$I_{lluvia} = 0.062 \frac{m}{h}$$

$$v = 1.2 \frac{m}{s}$$

Sustituyendo  $A_{cap}$ ,  $I_{lluvia}$ , en la ec.(22):

$$Q_c = \frac{5}{18} (1369.0321)(0.062) = \mathbf{23.57777 \text{ lps}} \quad \mathbf{R. (75)}$$

Sustituyendo R.(75), v, en la ec.(23):

$$D = 2 \sqrt{\frac{0.023577}{\pi(1.2)}} = 0.15816m = \mathbf{6.2269in} \quad \mathbf{R. (76)}$$

Con el uso de las ecuaciones anteriores se ha definido el diámetro óptimo para las tuberías, en la nave se deben de colocar tres juegos de tuberías, uno a cada extremo y una en la parte central de la nave. La tubería del centro de la nave, debe de tener un diámetro de 8 pulgadas, las tuberías de los extremos deben tener un diámetro de 6 pulgadas, estas medidas aseguran que no abran perdidas en el sistema.

#### **8.4.2 Materiales de los conductores**

Las tuberías más comunes para conducir agua, sin actividad química, son las tuberías de materiales plásticos. Estas tuberías están compuestas de un polímero único, o como resultado de la combinación de varios polímeros. En el caso de las tuberías de un solo polímero se encuentran las tuberías de polímeros de vinilo (PVC), de propileno, de etileno (PE), de butileno (PB). En el otro caso, se tienen las tuberías de acrílico nitrilo butadieno estireno (ABS), las de celulosa acetato butirato (CAB).

### 8.4.3 Instalación de los conductores

Al tener tres grupos de bajadas de aguas, dos a los costados y una al centro de la nave, es necesario ir agrupando poco a poco los flujos de agua captada. Cada grupo de bajadas de aguas son agrupadas a una tubería, la cual conduce el flujo hacia el frente de la nave. En este punto dos de las tuberías de las bajadas son agrupadas en una nueva tubería y la tubería de bajada del extremo de la nave 2 cae directo a la cisterna la cual ya es conectada al resto del sistema.

### 8.4.4 Mantenimiento de los conductores

Esta parte del sistema es la que menos mantenimiento necesita, sin embargo, existen ciertos factores que se deben cuidar para preservar la integridad del sistema. Estos factores se presentan a continuación

- Revisar cada 6 meses los cables tensores de las tuberías. En caso de que presenten corrosión, cambiarse.
- En el mismo período de tiempo, buscar posibles filtraciones, en las uniones entre los accesorios de las tuberías y bajadas de agua. En caso hubiesen, colocarles pegamento para tubería, para tapar la filtración.

### 8.5 Vistas principales de las naves

A continuación se muestran representaciones del diseño elaborado con el software SolidWorks. Se considera importante colocar como primera parte a las 6 vistas que definen un diseño en ingeniería, utilizando el sistema americano para la representación más visual de las vistas del diseño y para facilitar su interpretación de la manera correcta.

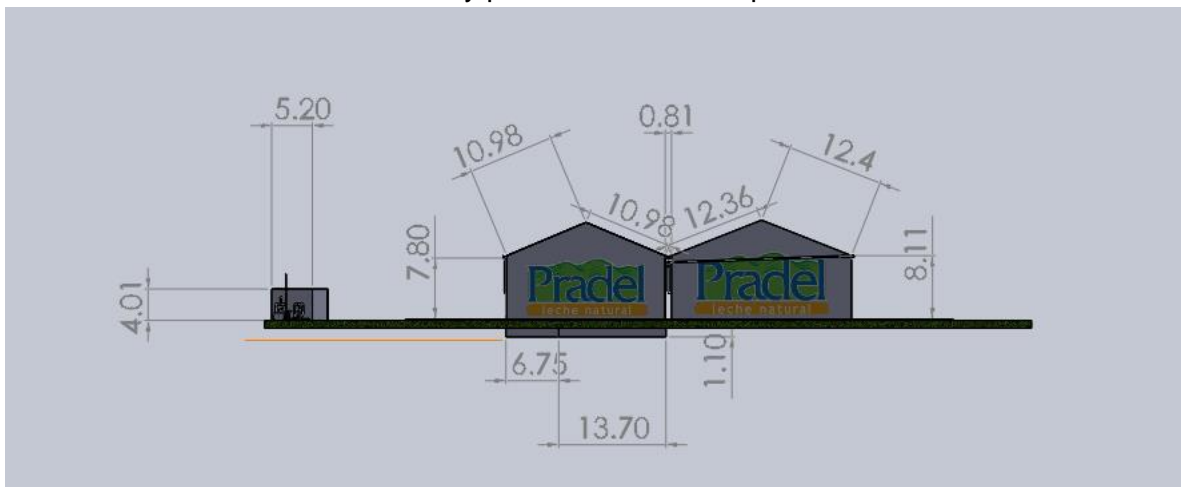


Figura 8.3 Vista frontal.

En la vista se muestran las dimensiones de la nave 1 y nave 2. Así como el espacio intermedio que existe entre ambas naves que es de 81 centímetros. Se aprecia también la

cisterna exterior que será en punto final de la trayectoria del agua captada de techumbre. La cisterna cuenta con capacidad de 150,000 litros.

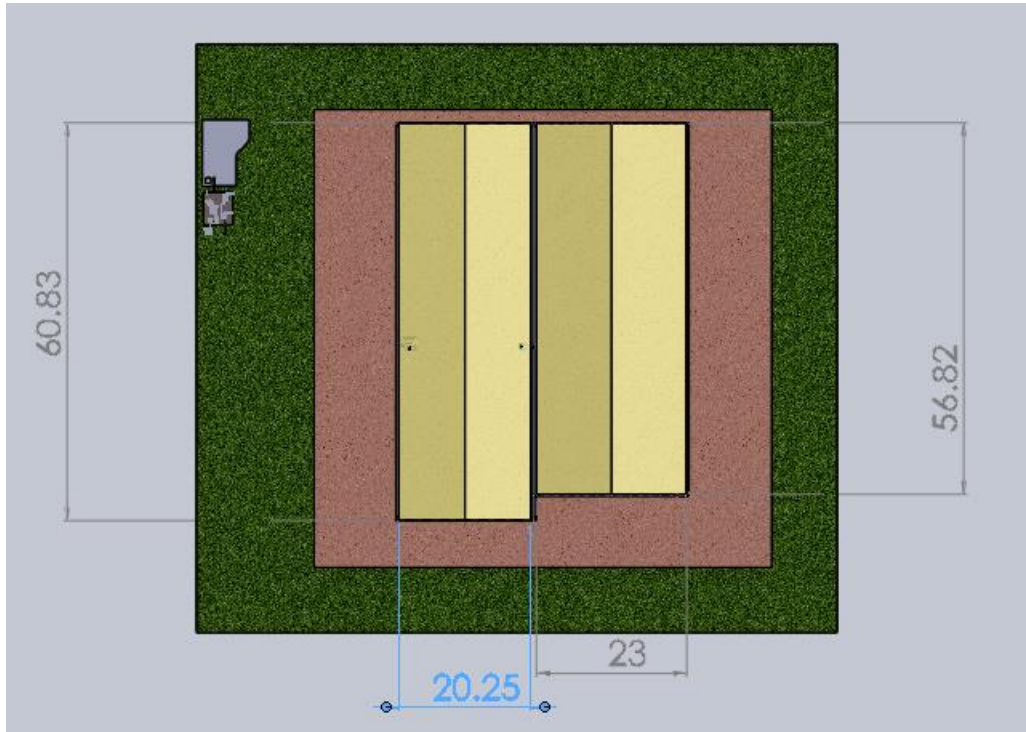


Figura 8.4 Vista superior.

Una vista aérea donde se logra apreciar la disposición que tienen las naves dentro de la empresa. Se muestran las dimensiones de largo y ancho, las naves no son gemelas.

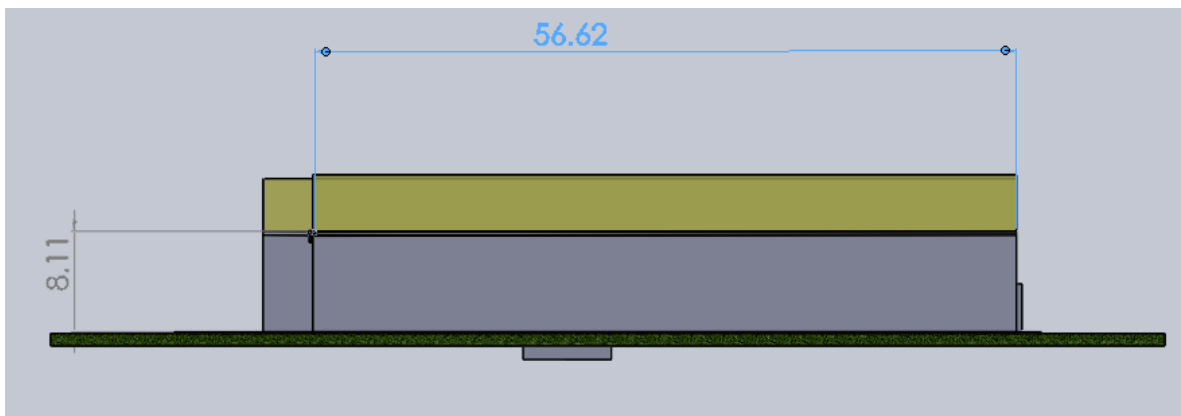


Figura 8.5 Vista lateral derecha.

En esta sección lateral se logra apreciar la longitud de la nave 1, así también la altura que corresponde a 8.1 metros.



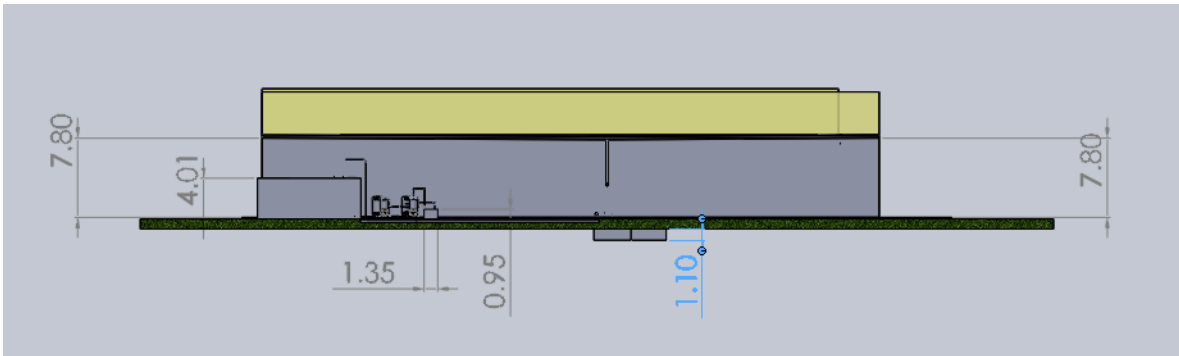


Figura 8.6 Vista lateral izquierda.

En la sección mostrada se logra visualizar la cisterna interna y externa. La cisterna interna cuenta con una capacidad máxima de 108,000 litros, mientras que la cisterna externa cuenta con una capacidad máxima de 150,000 litros.

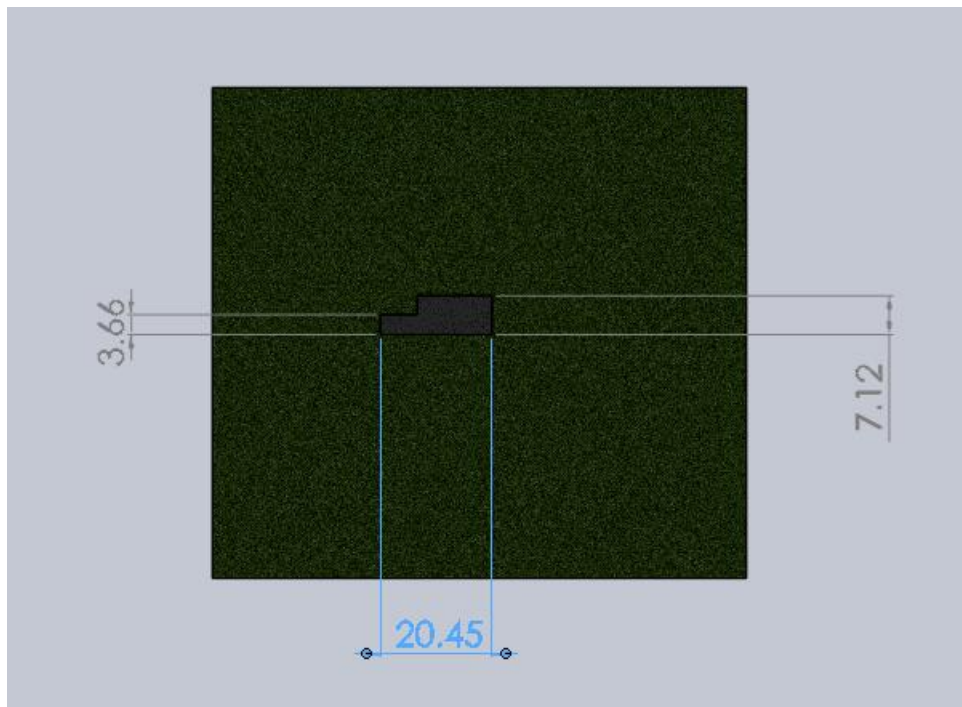


Figura 8.7 Vista inferior (Planta).

En la vista inferior del diseño se observan las dimensiones de la cisterna interna, que se encuentra construida debajo de la nave 2. La cisterna cuenta con capacidad de 130,000 litros, pero debido a que una sexta parte se encuentra aislada y en uso destinada para los sanitarios, para efectos del diseño contaremos únicamente con 5/6 de la capacidad total de la cisterna. Debido a esto, nuestra capacidad total para almacenar en la cisterna interna es de 108,000 litros.

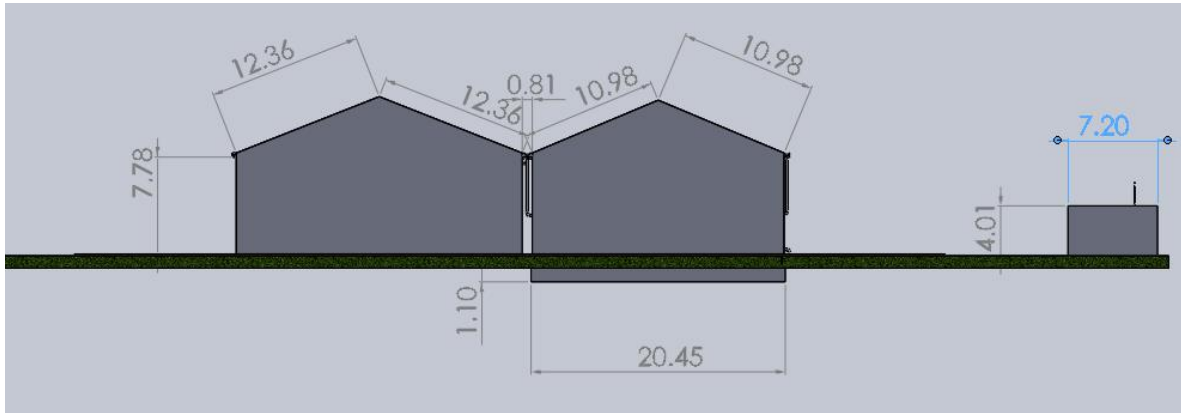


Figura 8.8 Vista posterior.

Esta sección del diseño nos permite observar las distintas dimensiones que presentan las naves en techumbre, también se muestra el espacio que separa a las naves, además de la dimensiones de altura, largo y profundidad de la cisterna interna debajo de la nave 2.

### 8.6 Vistas por sección del sistema

A continuación se presenta una explicación de las secciones más trascendentes del diseño, acompañadas por su respectiva explicación y justificación. El orden que llevan es el seguimiento que tendría el agua desde el momento de ser captada hasta el momento de ser depositada en la cisterna externa.

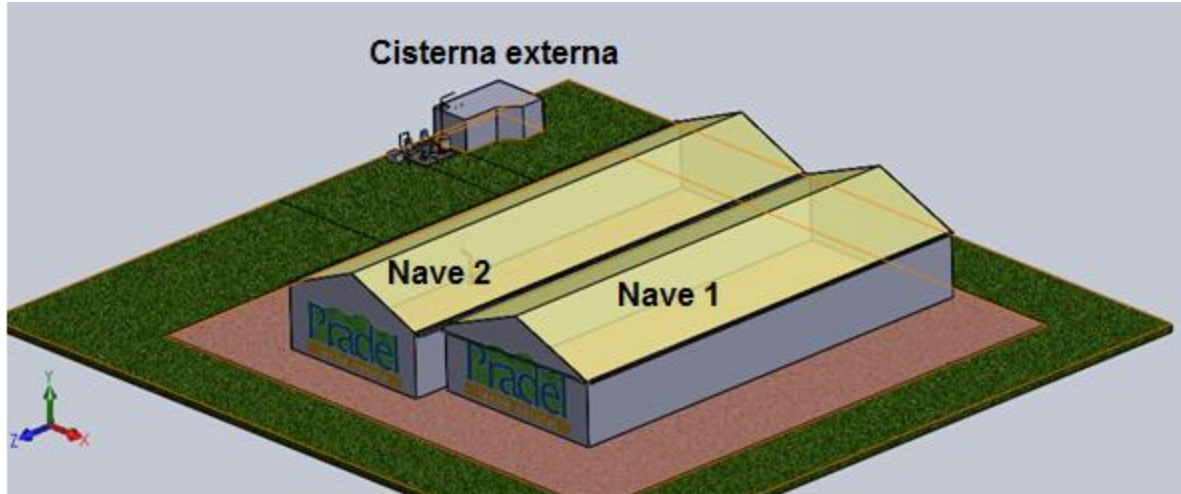


Figura 8.9 Vista Tridimensional de las naves.

En la vista completa del diseño se muestra la ubicación real que presentan ambas naves dentro de las instalaciones de Lácteos de Chiapas, además se aprecia la cisterna externa.

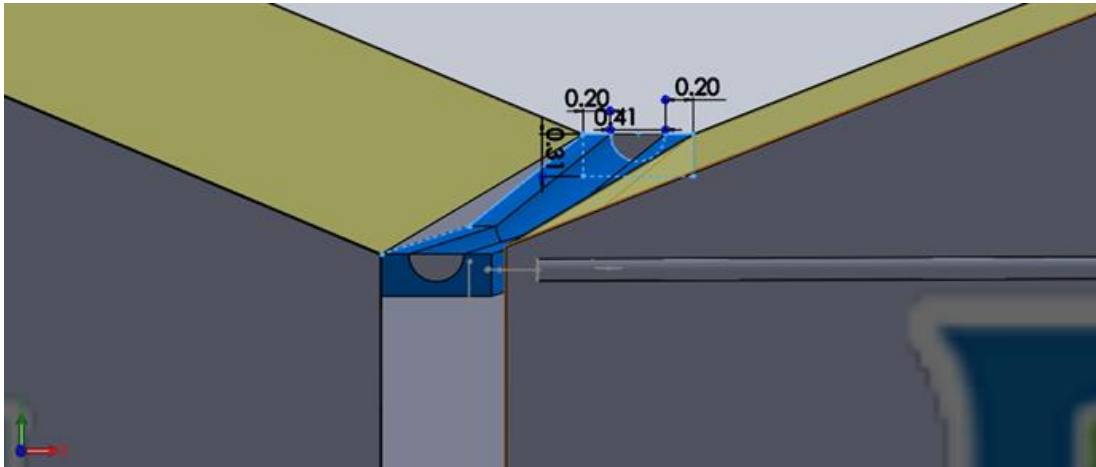


Figura 8.10 Canaleta en el centro de las naves.

La canaleta central será la encargada de captar el agua en medio de las naves. Será de 16 pulgadas de diámetro. Entre las naves existe 81 centímetros de separación, de los cuales 41 centímetros estarán ocupados por la canaleta calculada.

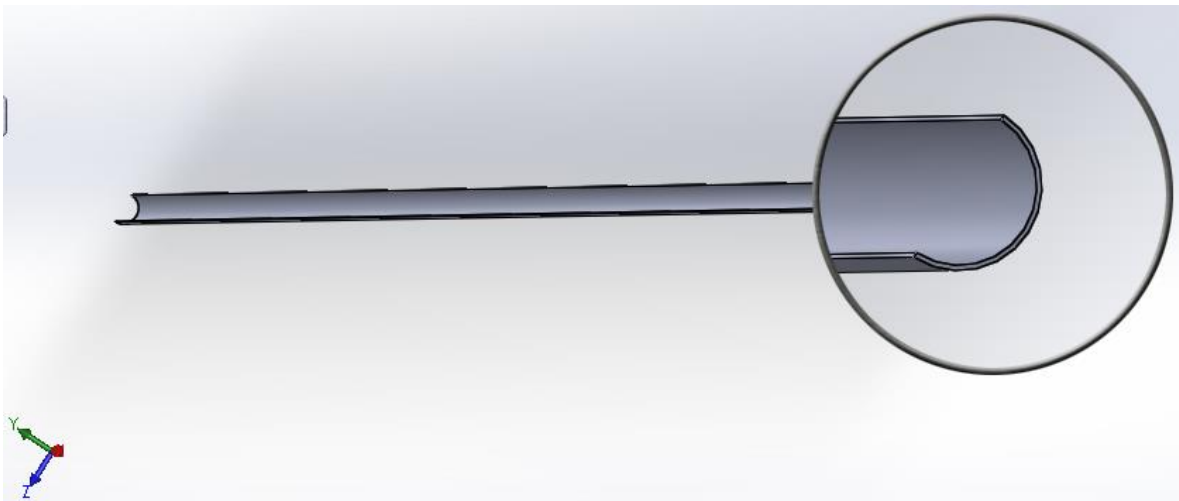


Figura 8.11 Canaleta de media caña.

Las canaletas utilizadas en el diseño serán de 16 pulgadas y 12 pulgadas de diámetro. A los costados de la nave 1 y 2 se ocupara tubería con diámetro de 12 pulgadas, mientras que la tubería de 16 pulgadas estará destinada para la unión en la parte central de ambas naves.

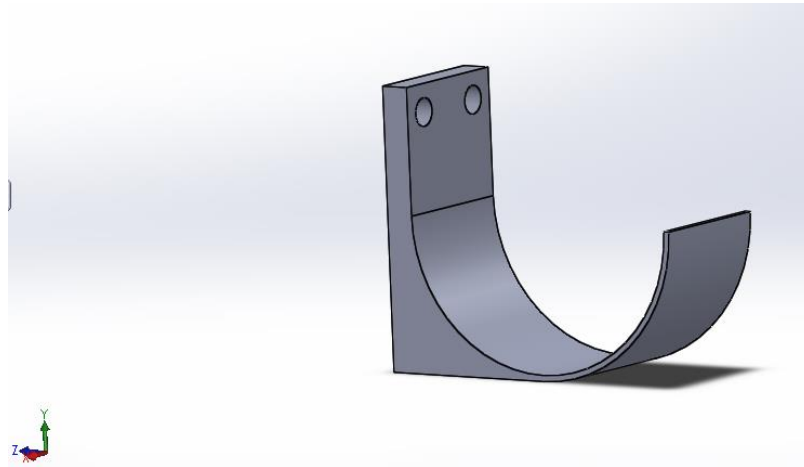


Figura 8.12 Soporte de la canaleta.

Se ilustra uno de los soportes para canaleta utilizados para ensamblar las canaletas a las naves de la empresa. Los soportes vienen con las dimensiones requeridas según la canaleta que se está ensamblando, a los costados de 12 pulgadas y al centro de 16 pulgadas.

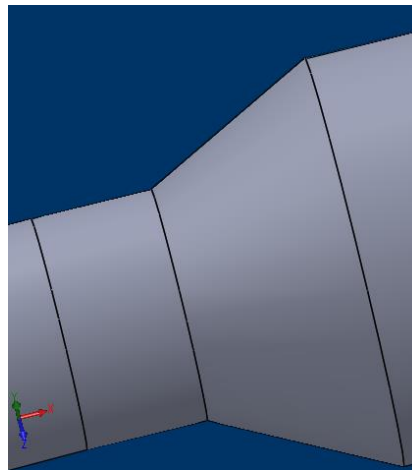


Figura 8.13 Reducción concéntrica de 12 in a 6 in.

La reducción es utilizada en el frente de la nave para unir tubería de 12 pulgadas y pasarla a 6 pulgadas para no correr el riesgo de que se produzca un estancamiento y evitar que el agua quede estática en este punto. Con fines de evitar el estancamiento y provocar que el agua circule con flujo constante, se diseñó con una pequeña inclinación, se recomienda que sea de  $4^\circ$  a  $6^\circ$ , ya que la tubería con inclinación tendrá una longitud de 21 metros y no necesitamos que el agua tome demasiada velocidad, por ello la inclinación no debe ser muy pronunciada.

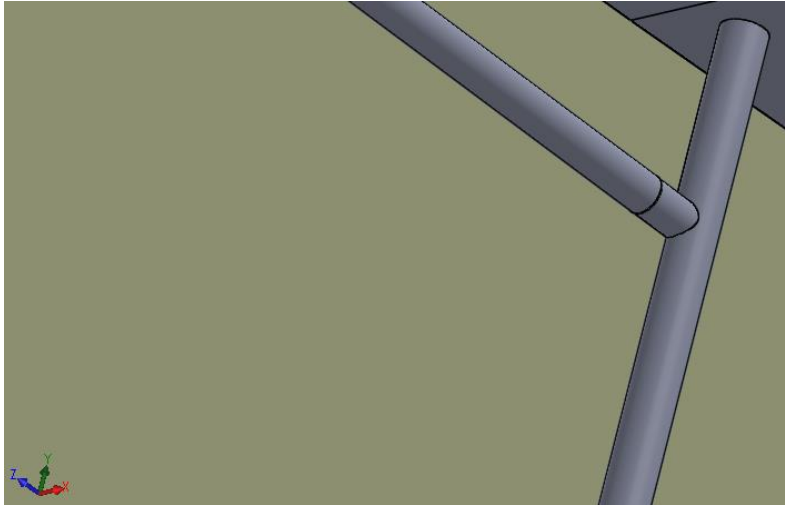


Figura 8.14 Tee Yee reducida de 8 in a 6 in.

Esta es la conexión que se encuentra por debajo de la canaleta central entre ambas naves. Consiste en la unión entre la bajada de la canaleta central y la tubería que trae la captación de un costado de la nave 1. Para unir en la intersección se ocupa una conexión tipo “T” la cual une la tubería de bajada que viene con 8 pulgadas de diámetro con la tubería que pase en frente de la nave 1 con el agua captada en su costado que viene con 6 pulgadas de diámetro.

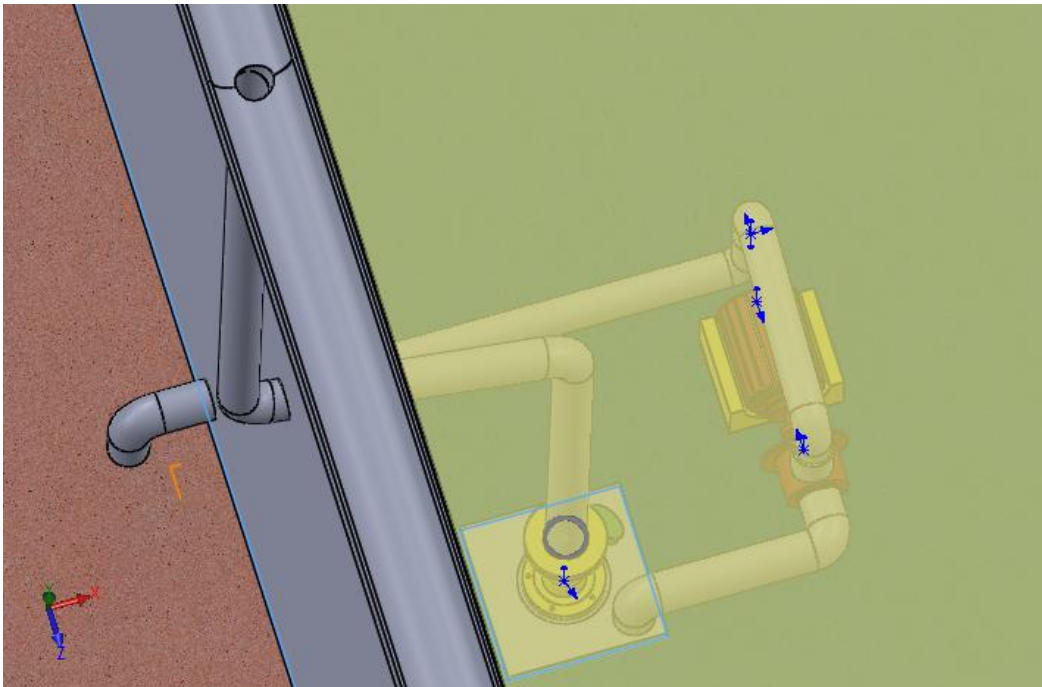


Figura 8.15 Bajada de Agua.

El agua captada a través de las canaletas bajara hacia las tapas de la cisterna. Para transportarla es necesario contar con una bomba de 5 HP. Esta bomba será la encargada

de impulsar la totalidad del agua captada y almacenada dentro de la cisterna interna, transportara agua hasta la cisterna externa con la que ya cuenta la empresa Lácteos de Chiapas. Se ilustra el sistema de tuberías para entrada y salida con las que contara la cisterna.

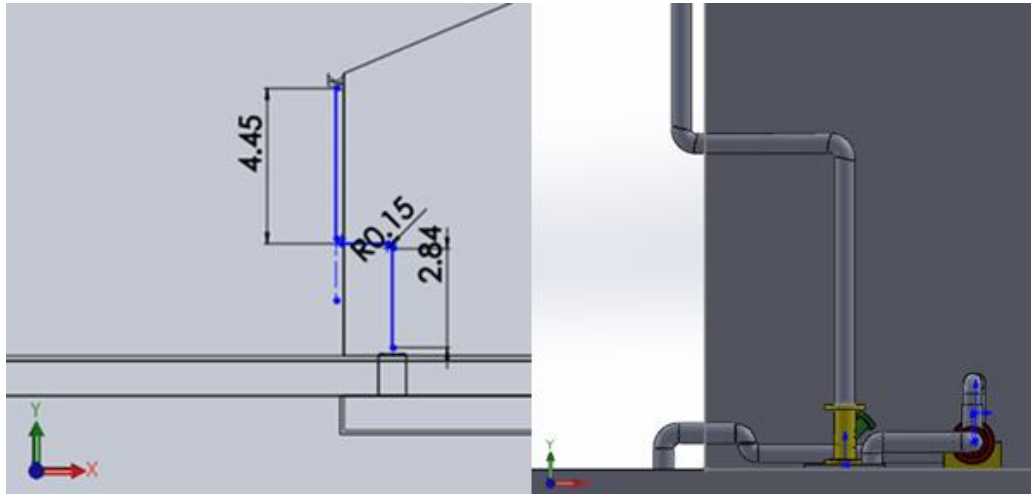


Figura 8.16 Entrada y salida de agua.

En la vista frontal de almacenamiento y distribución de agua se puede observar la disposición que tendrán las partes del sistema hidráulico de impulsión, así también se muestran las dimensiones que deberán tener las tuberías. Las cotas están expresadas en metros.

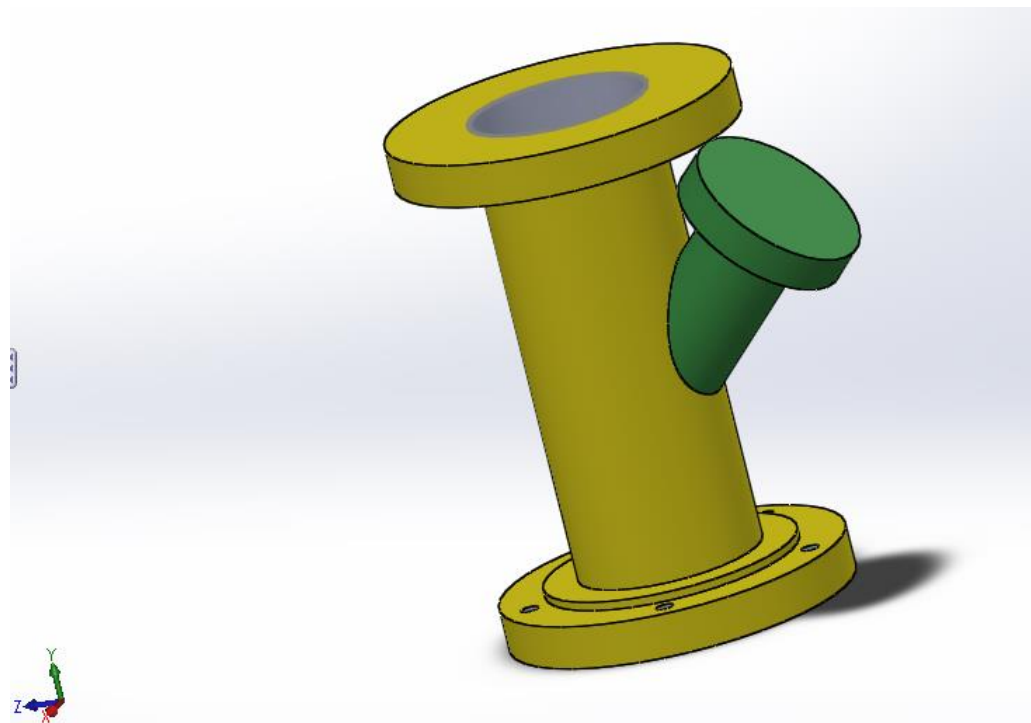


Figura 8.17 Filtro tipo “Yee”.

Los filtros tipo “Y” se utilizan para separar partículas sólidas de los fluidos en las tuberías y proveen una protección a bajo costo para medidores, válvulas, trampas, turbinas y compresores. El agua captada en techumbre contara con dos bajadas directas a las tapas de la cisterna interna, y antes de introducirse a la cisterna para ser almacenadas pasaran por filtros tipo “Y” que estarán colocados correspondientemente uno en cada tapa. Para el diseño se utilizaran dos filtros de este tipo, uno en cada entrada a la cisterna de almacenamiento, recordando que la cisterna interna cuenta con dos tapas disponibles.

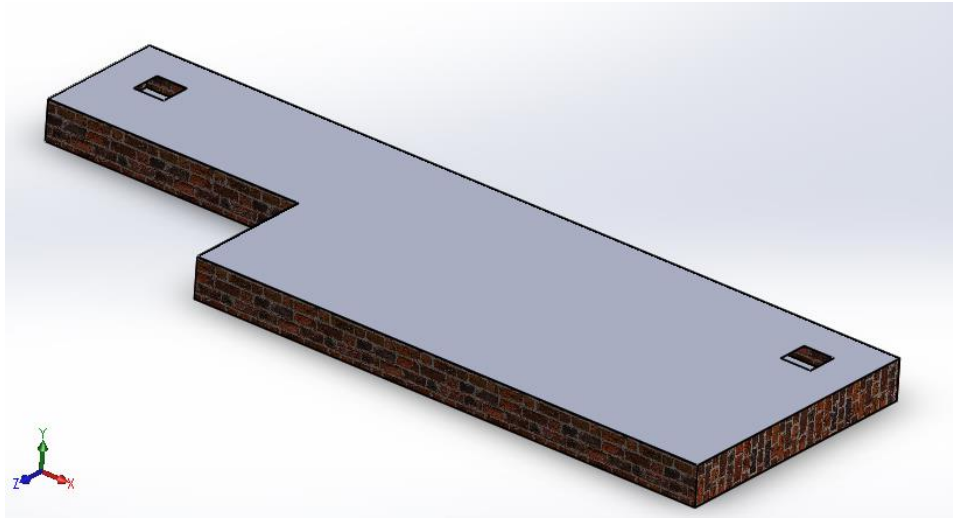


Figura 8.18 Cisterna interna.

La cisterna interna posee una capacidad máxima de 108,000 litros para acumulación de líquido. Cuenta con dos tapas que serán entradas en ambos costados de la nave 2, una vez que el agua captada pase a través de los filtros tipo “Yee”.

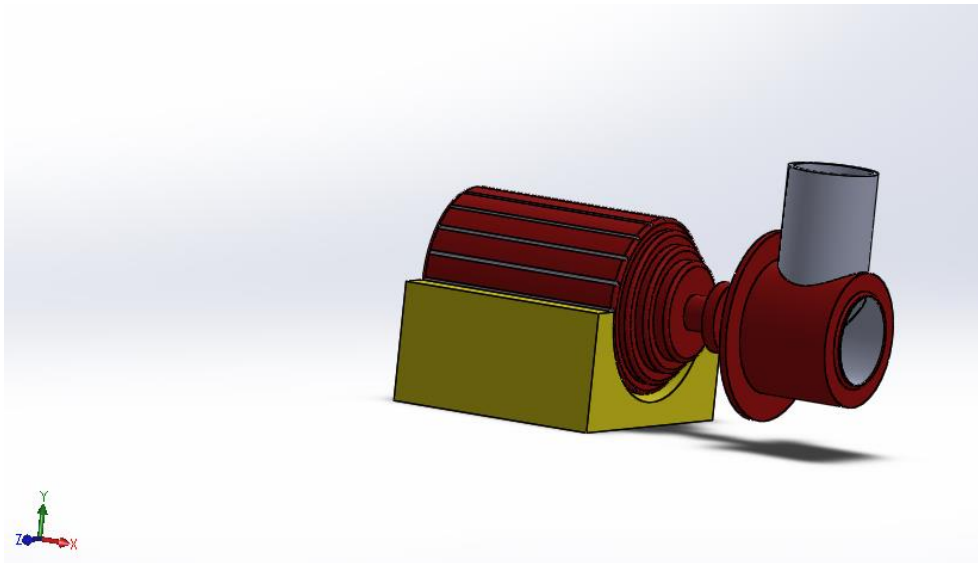


Figura 8.19 Bomba centrífuga.



La impulsión necesaria para transportar el agua almacenada en la cisterna interior hasta la cisterna exterior de proceso la obtendremos con la ayuda de una bomba centrífuga. Una vez hechos los cálculos correspondientes, sabemos que las necesidades del sistema se cumplen con una bomba de 5 HP. Los cálculos se elaboraron tomando en cuenta factores como el caudal de entrada de los filtros, las pérdidas por tubería y por accesorios.

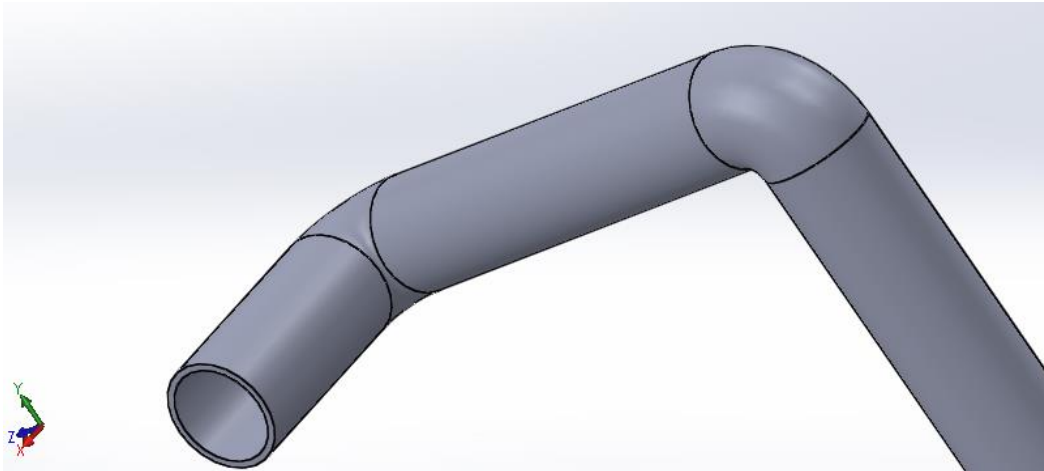


Figura 8.20 Codos de 90°.

Se muestra una sección de las conexiones de tubería utilizadas en el sistema de impulsión.

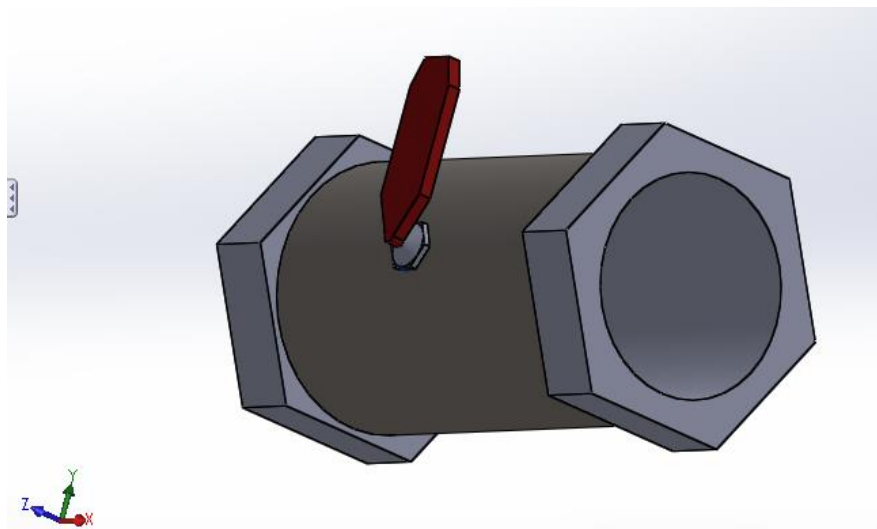


Figura 8.21 Válvula en los filtros.

Serán utilizadas para diferentes funciones: una será para ponerle tope a la circulación del agua, otra válvula cumplirá con la función de drenar en la parte inferior cuando así se requiera y la última válvula se utilizara para drenar por la parte superior al momento de darle mantenimiento a los filtros y al sistema.



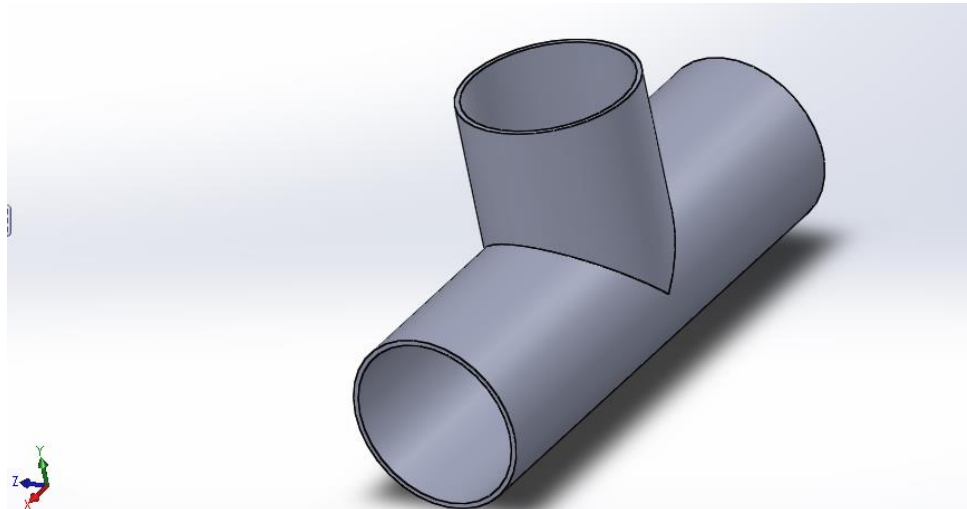


Figura 8.22 Conexión "T".

Esta conexión tipo "T" será ocupada para distribuir el agua. Un canal será para continuar con el transporte del líquido y se dirigirá hacia el siguiente filtro, mientras que el otro canal será utilizado para drenar por la parte inferior cuando así lo requieran y desalojar desechos del filtro.

### 8.7 Cálculo de la bomba ideal

Debido a que el filtro multicama debe entrar con un caudal de  $Q = 70.70 \text{ gpm}$  (ver anexo 2) se encontrara la potencia de la bomba con la Ecuación de Bernoulli para movimiento de Fluidos.

$$\frac{P_1}{\delta} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + E_a = \frac{P_2}{\delta} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \text{Perdidas} \quad (\text{Ecuación 24})$$

$$V_s = \frac{4Q}{\pi D_s^2} \quad (\text{Ecuación 25})$$

$$V_d = \frac{4Q}{\pi D_d^2} \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$R_e = \frac{V_s D_s}{\nu} \quad (\text{Ecuación 27})$$

$$R_e = \frac{V_d D_d}{\nu} \quad (\text{Ecuación 28})$$

$$f = \frac{1.325}{\left[ \ln \left( \frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (\text{Ecuación 29})$$

$$h_f = f \frac{L V^2}{d 2g} \quad (\text{Ecuación 30})$$

$$Cv = \frac{\delta Q E_a}{75n} \quad (\text{Ecuación 31})$$

$$HP = \frac{1}{1.014} Cv \quad (\text{Ecuación 32})$$

$$E_a = 3 + f_s \frac{L_s V_s^2}{D_s 2g} + \Sigma k \frac{V_s^2}{2g} + f_d \frac{L_d V_d^2}{D_d 2g} + \Sigma k \frac{V_d^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 32})$$

- Fuente de la ecuación 24 al 33: Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, Segunda edición, Claudio Mataix.

Donde:

P = Presión (P)

V = Velocidad  $\left(\frac{m}{s}\right)$

Z = Altura (m)

Ea= Energía agregada (m)

V<sub>s</sub>= Velocidad de succión  $\left(\frac{m}{s}\right)$

Q= Caudal  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

D<sub>s</sub>= Diámetro de succión interior (m)

V<sub>d</sub>= Velocidad de descarga  $\left(\frac{m}{s}\right)$

D<sub>d</sub>= Diámetro de descarga interior (m)

ν= Viscosidad cinemática  $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

R<sub>e</sub>= Reynolds

f= Coeficiente de fricción

ε= Rugosidad del material (m)

h<sub>f</sub>= Perdida de energía en columna de líquidos (m)

δ= Peso específico del fluido  $\left(\frac{kgf}{m^3}\right)$

n= Eficiencia de la bomba

Cv= Caballos calderas  $\left(\frac{kg \cdot m}{s}\right)$

HP= Caballos fuerza

R<sub>e</sub> > 4000= Flujo turbulento

k= Perdidas por accesorios

Datos:

$$Q = 0.004615 \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

$$\nu = 1.142 \times 10^{-6} \left(\frac{m^2}{s}\right)$$

$$D_s = 2.5 \text{ in} = 0.0621 \text{ (m)}$$

$$D_d = 2 \text{ in} = 0.052 \text{ (m)}$$

$$\epsilon = 1.5 \times 10^{-6} \text{ (m)}$$

Material PVC

Longitud de descarga= 60 m

Longitud de succión= 2 m

n=44%

Z<sub>1</sub> = 0.3m

$$Z_2 = 3.3m$$

$$\delta = 990 \frac{kgf}{m^3}$$

Para el valor de la viscosidad cinemática a 15 °C ver anexo 11.

De la ec.(24)

$$\frac{P_1}{\delta} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + E_a = \frac{P_2}{\delta} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \text{Perdidas}$$

- Se elimina la presión 1 y 2 debido a que los depósitos están abiertos a la atmosfera.
- Se elimina la velocidad 1 y 2 ya que  $V_1 \approx V_2$

$$(Z_1 - Z_2) + E_a = \text{Perdidas}$$

$$(0.3m - 3.3m) + E_a = \text{Perdidas}$$

$$E_a = 3 + \text{Perdidas}$$

Sustituyendo Q,  $D_s$ , en la ec.(25):

$$V_s = \frac{4(0.004615 \frac{m^3}{s})}{\pi(0.0621m)^2} = 1.5236 \frac{m}{s} \quad R. (77)$$

Sustituyendo R.(77),  $D_s$ ,  $v$ , en la ec.(27):

$$R_e = \frac{(1.5236 \frac{m}{s})(0.0621m)}{1.142 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 82.8507 \times 10^3 \text{ Flujo Turbulento} \quad R. (78)$$

Sustituyendo Q,  $D_d$ , en la ec.(26):

$$V_d = \frac{4(0.004615 \frac{m^3}{s})}{\pi(0.052m)^2} = 2.1730 \frac{m}{s} \quad R. (79)$$

Sustituyendo R.(79),  $D_d$ ,  $v$  en la ec.(28):

$$R_e = \frac{(2.1730 \frac{m}{s})(0.052m)}{1.142 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 98.9457 \times 10^3 \text{ Flujo Turbulento} \quad R. (80)$$

Sustituyendo  $\epsilon$ , R.(78),  $d_s$ , en la ec.(29):

$$f_s = \frac{1.325}{[\ln\left(\frac{1.5 \times 10^{-6} m}{3.7(0.0621m)} + \frac{5.74}{(82.8507 \times 10^3)^{0.9}}\right)]^2} = 0.01871 \quad R. (81)$$

Sustituyendo  $\epsilon$ , R.(80),  $d_d$ , en la ec.(29):

$$f_d = \frac{1.325}{[\ln\left(\frac{1.5 \times 10^{-6} m}{3.7(0.052m)} + \frac{5.74}{(98.9457 \times 10^3)^{0.9}}\right)]^2} = 0.01807 \quad R. (82)$$

Perdidas por accesorios(k)	
Accesorios en la succión	Accesorios en la descarga
01 Deposito a tubería= 0.5	01 Tubería a deposito= 1
02 Codos de 90°= 1.8	30 Codos de 90°= 27
	06 Válvulas de control abierta= 54
	08 Conexiones T= 14.4
$\Sigma k = 2.3$	$\Sigma k = 96.4$

Para los valores de (k) ver anexo 11.

Sustituir las pérdidas en la ec.(33):

$$E_a = 3 + f_s \frac{L_s V_s^2}{D_s 2g} + \Sigma k \frac{V_s^2}{2g} + f_d \frac{L_d V_d^2}{D_d 2g} + \Sigma k \frac{V_d^2}{2g}$$

$$E_a = 6.4m + (0.01871) \left( \frac{2m}{0.0621m} \right) \left( \frac{(1.5236 \frac{m}{s})^2}{2(9.81 \frac{m}{s^2})} \right) + (2.3) \left( \frac{(1.5236 \frac{m}{s})^2}{2(9.81 \frac{m}{s^2})} \right)$$

$$+ (0.01807) \left( \frac{60m}{0.052m} \right) \left( \frac{(2.1730 \frac{m}{s})^2}{2(9.81 \frac{m}{s^2})} \right) + (96.4) \left( \frac{(2.1730 \frac{m}{s})^2}{2(9.81 \frac{m}{s^2})} \right)$$

$$E_a = 3m + 0.3434m + 28.2184m$$

$$E_a = \mathbf{31.5618m} \quad \mathbf{R. (83)}$$

Sustituyendo  $\delta$ , Q,  $E_a$ , n, en la ec.(31):

$$C_v = \frac{(990 \frac{kgf}{m^3})(0.004615 \frac{m^3}{s})(31.5618m)}{75(.44)}$$

$$C_v = \mathbf{4.3697 \frac{kg \cdot m}{s}} \quad \mathbf{R. (84)}$$

Sustituyendo R.(84) en la ec.(32):

$$HP = \frac{1}{1.014} \left( 4.3697 \frac{kg \cdot m}{s} \right)$$

$$\mathbf{HP = 4.3093} \quad \mathbf{R. (85)}$$

Con el uso de las ecuaciones anteriores se ha definido por cuestiones de seguridad una bomba de **5 HP**, esto como resultado de añadirle el 15% de seguridad correspondiente a la bomba.

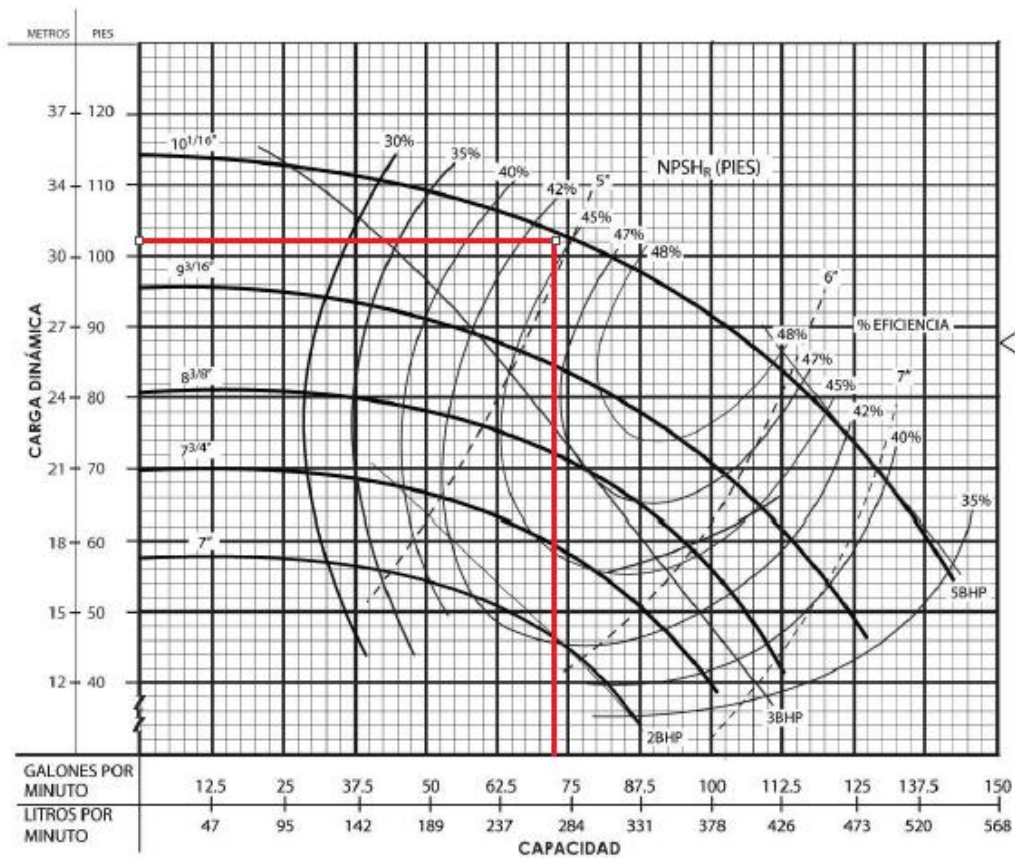


Figura 8.23 Curva de rendimiento

Para obtener la eficiencia de la bomba centrífuga en la curva de rendimiento se toma en cuenta la capacidad (73 GMP) y la carga dinámica (103 ft) el cual se obtiene una eficiencia del 44% como se indica en la figura. La bomba centrífuga es de la marca Barmesa, modelo IA1-1/2 XH, tamaño 2-1/2 X 2.

## 8.8 TwinOxide

En la cisterna interior se recomienda hacer uso de una sustancia de última generación para eliminar bacterias de nombre TwinOxide trabaja en el dióxido de cloro componente biocida. Aunque el cloro se puede encontrar en el nombre, no es un tipo de cloro desinfectante. TwinOxide no libera cloro libre (ácido hipocloroso) para proporcionar una función biocida. Cuando se añade TwinOxide con solución de 0.3%, la solución de dióxido de cloro aplicado hace la matanza biocida de todo el espectro de bacterias, hongos, algas, protozoos, levaduras, metanógenos y virus.

Como se puede apreciar elimina perfectamente las bacterias y se propone dejar de usar cloro en la cisterna de 135, 000 litros y sustituirla por TwinOxide, en el momento que el fluido pase por el filtro de carbón activado tendría muy pocos elementos para filtrar incluso podríamos hablar de desechar el filtro ya mencionado. Esta nueva sustancia TwinOxide cuenta con grandes ventajas que se exponen a continuación:

Ventajas microbiológicas de TwinOxide son:

- Más fuerte, eficaz y función biocida más rápido; independiente que trabaja dentro de un amplio rango de pH (pH 4-10).
- Un número significativamente de mayor poder de desinfección en comparación con los productos de cloro.
- Más poder oxidante en comparación con los productos de cloro.
- Eliminación efectiva de biofilms y microorganismos.

Ventajas ambientales de TwinOxide son:

- Carga de aguas residuales limitada en comparación con otros agentes de desinfección de agua.
- El cloro es fuertemente reprimida a una cantidad insignificante.
- No hay extraños sucesos, mejor sabor y color del agua.

Ventajas económicas de TwinOxide son:

- Bajo volumen y baja concentración de dióxido de cloro.
- Sin costo de inversión en equipos de producción.
- No hay modificaciones o certificaciones de construcción.
- No muy educados y empleados capacitados necesarios.
- El costo de operación se refiere a una bomba de dosificación con mantenimiento.

Las ventajas al utilizar TwinOxide como desinfectante del agua son:

- Eficaz contra todos los microorganismos relacionados con el agua (bacterias, virus, protozoos, hongos, levaduras).

- Alto rendimiento como desinfectante y biocida.
- La eliminación de la profilaxis en Biofilms.
- Totalmente operativo en niveles de pH entre 4 y 10.
- Insignificantes efectos corrosivos en comparación con los daños corrosivos del agua potable, no hay limitaciones de la aplicación de materiales.
- Debido a una adición continua de dióxido de cloro para la desinfección de agua reciclada, todas las tuberías y lugares en el circuito pueden ser desinfectados.

### **8.8.1 Sistema de suministro de dióxido de cloro avanzada**

TwinOxide es un sistema de transporte único y avanzado. Proporciona una solución de dióxido de cloro puro 99.9 % en una concentración de 0.3 %, sin subproductos.

TwinOxide se entrega como un kit de polvo de dos componentes. Una vez añadido a un volumen específico de agua, TwinOxide reacciona a una solución de dióxido de cloro puro 99.9 % con una cinética de medio tiempo como un biocida de 30 días.

### **8.8.2 Dosis muy eficiente y la desinfección del agua**

En general, 1 litro de solución TwinOxide 0.3 %, con una tasa de dosificación entre 0.05 a 2.0 ppm producirá hasta 60.000 litros de agua industrial. TwinOxide ofrece una capacidad de desinfección superior sin subproductos nocivos, efectos secundarios o riesgos. El impacto ambiental de TwinOxide es insignificante.

El único producto residual de TwinOxide es una cantidad mínima de sal. Como los niveles de contaminación del agua varían, es fácilmente posible variar la tasa de dosificación de TwinOxide.

## CAPITULO 9 ANALISIS DE FACTIBILIDAD

### 9.1 Objetivo

Determinar el costo total para la instalación y funcionamiento del sistema de captación de agua pluvial dentro de las instalaciones de Lácteos de Chiapas. Los rubros que se tomarán en cuenta para el análisis de costos, son aquellos relacionados a la compra de materiales y dispositivos requeridos para la edificación del sistema.

Aunado a esto, solo se toma en cuenta la inversión necesaria para la instalación y puesta en marcha del sistema, es decir, no se toma en cuenta el gasto dedicado al mantenimiento del mismo una vez que entre en funcionamiento.

### 9.2 Análisis de costo

Dentro de la compra de materiales y dispositivos, se consideran; la canaletas, los conductores de la red de agrupamiento de flujos, los filtros tipo “Yee” antes de entrar a los depósitos, el filtro multicama, el filtro de carbón activado, los suavizadores y el dispositivo de potencia. El costo del equipo para tratamiento de agua pluvial es un aproximado.

ACCESORIOS Y TUBERIAS	NUMERO DE PIEZAS	PRECIO AL MAYOREO	TOTAL
Lámina Galvanizada	65 m <sup>2</sup>	\$101.15	\$6,574.75
Tubo de PVC 8 in	8 m	\$99.75	\$798.00
Tubo de PVC 6 in	56 m	\$63.33	\$3,546.00
Tubo de PVC 2.5 in	2 m	\$39.00	\$78.00
Tubo de PVC 2 in	60 m	\$22.00	\$1,320.00
Reducción Concéntrica de 8:4 in	1	\$27.00	\$27.00
Reducción Concéntrica de 6:4 in	1	\$22.50	\$22.50
Codos 90° de 6 in	1	\$24.50	\$24.50
Codos 90° de 2.5 in	2	\$16.00	\$32.00
Codos 90° de 2 in	30	\$19.60	\$588.00
Filtro tipo Yee de 4 in	2	\$949.00	\$1,898.00
Conexión Tee de 2 in	8	\$26.00	\$208.00
Tee Yee Reducida de 8:6 in	1	\$56.50	\$56.50
Válvula de control abierta	18	\$39.50	\$711.00
Bomba Centrifuga de 5 HP	1	\$11,715.00	\$11,715.00
Filtro Multicama 36"x72"	1	\$67,000.00	\$67,000.00
Filtro Carbón Activado 42"x72"	1	\$59,000.00	\$59,000.00
Filtro Suavizador 30"x72"	2	\$77,000.00	\$158,000.00
TwinOxide	4lb	\$521.70	\$521.70
			\$312,120.95



### 9.3 Período de retorno de inversión

Este es un indicador muy utilizado en proyectos, ya que indica el tiempo en el cual el inversionista espera recuperar el capital invertido. Desde el momento que el inversionista recupera el capital invertido, hasta el tiempo en el cual el proyecto se da por concluido, todos los ingresos que estén presentes son beneficios o ganancias para el inversionista. Por lo general, los inversionistas no gustan de proyectos en los cuales necesitan esperar un gran período de tiempo, para comenzar a percibir los beneficios de los proyectos, por lo que es importante mantener el Período de Retorno de la Inversión (PRI), tan bajo como sea posible.

- Dimensionamiento de las 2 naves = 2738.1 m<sup>2</sup>
- Coeficiente de escorrentía = 0.9
- Precipitación Anual = 0.9848m
- Costo del sistema = \$312,120.95
- Costo por 1 m<sup>3</sup> del agua tratada = \$49

$$\text{Volumen} = (2738.1 \text{ m}^2) (0.9848\text{m}) (0.9) = 2,426.8327\text{m}^3$$

$$\text{Ahorro Anual} = \frac{2426.8327\text{m}^3}{1\text{m}^3} = (2426.8327) (\$49) = \$118,914.8023$$

$$\text{Retorno de Inversión} = \frac{\$312,120.95}{\$118,914.8023} = 2.6248 \text{ años}$$

En el caso de este sistema, se espera tener un período de retorno de la inversión de 2.6248 años. Por lo tanto los demás años para los cuales el sistema ha sido diseñado, todos los ahorros que el sistema otorga a la empresa serán netamente ganancias de su aplicación.

### 9.4 Costo/ Beneficio

En caso de que sea rentable el proyecto, el costo beneficio indica cuánto dinero se percibe, por cada unidad monetaria invertida. Para obtener el costo/beneficio de un proyecto, se necesita dividir el valor presente de los ingresos, entre el valor presente de los egresos. En el caso de este proyecto, el costo/beneficio es igual a \$325.79. Por lo que se puede señalar que el inversionista percibirá \$325.79 por cada \$3,920 invertido en el proyecto.

## CONCLUSIONES

- 1.- Tras la aplicación del sistema diseñado, las instalaciones contarán con suficiente recurso hídrico para todas sus funciones, por lo que, la producción se regularizará.
- 2.- Las modificaciones necesarias a la red pluvial son presentadas en el diseño y muestran como, bajo una configuración especial, una red de tuberías son capaces de conducir diversos caudales, a un solo punto en común.
- 3.- Al utilizar el sistema, como medio alternativo de abastecimiento, se disminuye la dependencia que existe de Lácteos de Chiapas, y por lo tanto, la vulnerabilidad de quedarse sin agua en las instalaciones, por problemas en el servicio, además el sistema sería capaz de suplir alrededor del 12 por ciento de la demanda total.
- 4.- El uso del sistema como medio secundario de abastecimiento, presentará un ahorro del 12 por ciento del costo anual incurrido al pago a SMAPA por su servicio. El cual consolida al proyecto como una opción viable y factible.
- 5.- Es necesario mencionar, que este tipo de proyecto puede ser aplicado en cualquier otra empresa que requiera diseño de equipo para tratamiento de aguas pluviales, con muy bajos costos de inversión y de manera eficiente.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Estudiar los procesos productivos y los métodos de fabricación empleados actualmente por la empresa, para aumentar la eficiencia con que se utiliza el recurso hídrico, y de ese modo obtener un decremento en el consumo de la empresa.
- 2.- Respetar los períodos de limpieza y mantenimiento en los techos, ya que es el único punto en el sistema en que cual el elemento captado, se encuentra en contacto directo con aquellos materiales que pueden contaminarlo, por lo tanto, una buena limpieza de los techos, asegura que el recurso se encuentre lo más limpio posible.
- 3.- Es necesario montar un programa de mantenimiento para el sistema de filtrado actual de la empresa. El programa asegurará la calidad del recurso, tanto aquella que es provista por SMAPA, como aquella que es provista por el sistema, y por lo tanto, la calidad misma de los productos que utilicen dicho insumo.

## **Índice de Tablas**

Tabla 3.1 Porcentajes de escurrimiento.

Tabla 3.2 Dimensiones de tanques cilíndricos prefabricados.

Tabla 3.3 Filtros purificadores de agua.

Tabla 4.1 Carta climática.

Tabla 4.2 Precipitación anual (Fuente INEGI).

Tabla 4.3 Precipitación por mes.

Tabla 4.4 Tabla comparativa de las características de las canaletas.

Tabla 4.5 Características de los tanques de almacenamiento.

Tabla 6.1 Dimensiones de los filtros (diámetro por altura).

## **Índice de figuras**

Figura 2.1 Vista aérea de la empresa Lácteos de Chiapas.

Figura 2.2 Vista frontal de la empresa Lácteos de Chiapas.

Figura 3.1 Techo de escuela utilizado como área de captación.

Figura 3.2 Techo cuenca.

Figura 3.3 Geo membrana.

Figura 3.4 Canaleta de madera.

Figura 3.5 Canaleta de Aluminio.

Figura 3.6 Canaleta de Cobre.

Figura 3.7 Canaleta de Acero.

Figura 3.8 Canaleta de Poli Cloruro de vinilo.

Figura 3.9 Canaleta con malla.

Figura 3.10 Tanque de ferrocemento enterrado.

Figura 3.11 Tanque de ferrocemento superficial.

Figura 3.12 Inversiones en tanque de agua según volumen y tecnología aplicada.

Figura 3.13 Ahorros generados por la aplicación de ferrocemento en la construcción de depósitos de agua.

Figura 3.14 Filtro de bajante (izquierda), funcionamiento interno (derecha).

Figura 3.15 Filtro casero para agua.

Figura 7.1 Diseño del filtro multicapa.

Figura 7.2 Diseño del filtro de carbón activado.

Figura 7.3 Diseño del suavizador.

Figura 7.4 Estructura de las etapas de proceso en el diseño.

Figura 8.1 Disposición de las naves dentro de las instalaciones.

Figura 8.2 Distribución de la intensidad de la lluvia.

Figura 8.3 Vista frontal.

Figura 8.4 Vista superior.

Figura 8.5 Vista lateral derecha.

Figura 8.6 Vista lateral izquierda.

Figura 8.7 Vista inferior (planta).

Figura 8.8 Vista posterior.

Figura 8.9 Vista tridimensional de las naves.

Figura 8.10 Canaleta en el centro de las naves.

Figura 8.11 Canaleta de media caña.

Figura 8.12 Soporte de canaleta.

Figura 8.13 Reducción concéntrica.

Figura 8.14 Tee Yee reducida.

Figura 8.15 Bajada de agua.

Figura 8.16 Entrada y salida de agua.

Figura 8.17 Filtro tipo Yee.

Figura 8.18 Cisterna interna.

Figura 8.19 Bomba centrífuga.

Figura 8.20 Codo de 90°.

Figura 8.21 Válvula en los filtros.

Figura 8.22 Conexión T.

Figura 8.23 Curva de rendimiento.

### **Índice de anexos**

Anexo 1. Capacidades de suavizadores.

Anexo 2. Filtros multicama.

Anexo 3. Filtros carbón activado.

Anexo 4. Máximos esfuerzos permisibles a la tensión.

Anexo 5. Peso de cascos y cabezas.

Anexo 6. Volumen de cascos y cabezas.

Anexo 7. Velocidades máximas del viento.

Anexo 8. Mapa de zonas según los vientos.

Anexo 9. Coeficiente de sismo.

Anexo 10. Principales tejidos en acero inoxidable.

Anexo 11. Valores de viscosidad.

Anexo 12. Valores de "K" (pérdidas por accesorios).

## FUENTES DE INFORMACION

1. ANAYA, Manuel. Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y El Caribe. Salazar, Juan José (colaborador); Tunarosa, Víctor (colaborador); Trejo, Jaime (colaborador). México: Agencia de Cooperación Técnica IICA-México, 1998. 131 p.
2. BANKS, Suzy; HEINICHEN, Richard. Rainwater Collection for the mechanically challenged. 2a. ed. Estados Unidos: Tank Town Pub, 2004. 108 p. ISBN 978-0-96641-706-7.
3. BRIDGEWATER, Allan; BRIDGEWATER, Gill. Energías alternativas Handbook. España: Paraninfo, 2009. 198 p. ISBN 978-8-42833-185- 2.
4. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA, E HIDROLOGÍA. Mapas: Acumulados de Lluvia. <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/acumulados.htm> [Consulta: 7 de noviembre de 2011].
5. KINKADE-LEVARIO, Heather. Design for water rainwater harvesting, storm water catchment, and alternate water reuse. Canadá: New Society, 2007. 237 p. ISBN: 978-0-86571-580-6.
6. MOTT, Robert. L. Mecánica de fluidos. 6a ed. México: Pearson Prentice Hall, 2006. 626 p. ISBN 970-26- 0805-8.
7. MATAIX, Claudio. Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, México. Alfaomega, 2012. 660 páginas.

Anexos N° 1

**CAPACIDADES DE SUAVIZADORES**

Tanque	Pie² Area	Pie³ Tanque	Pie³ Resina	CAPACIDAD						FLUJO DE SERVICIO					
				Económica		Normal		Máxima		Normal		Pico		Retrolavado	
				Capacidad (gr)	Capacidad (granos)	Capacidad (gr)	Capacidad (granos)	Capacidad (gr)	Capacidad (granos)	GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM
8" x 44"	0.35	1.16	0.75	989	15,000	1,286	19,500	1,385	21,000	2.25	8.52	3.75	14.19	1.92	7.27
9" x 48"	0.44	1.58	1.00	1,319	20,000	1,715	26,000	1,979	30,000	3.00	11.36	5.00	18.93	2.43	9.20
10" x 54"	0.54	2.19	1.50	1,979	30,000	2,573	39,000	2,968	45,000	4.50	17.03	7.50	28.39	2.97	11.24
12" x 52"	0.78	3.00	2.00	2,639	40,000	3,430	52,000	3,958	60,000	6.00	22.71	10.00	37.85	4.29	16.24
13" x 54"	0.92	3.68	2.50	3,298	50,000	4,288	65,000	4,947	75,000	7.50	28.39	12.50	47.31	5.06	19.15
14" x 65"	1.07	5.10	3.00	3,958	60,000	5,145	78,000	5,937	90,000	15.30	57.91	15.00	56.78	5.88	22.25
16" x 65"	1.39	6.60	4.00	5,937	90,000	7,718	117,000	8,905	135,000	19.80	74.94	20.00	75.70	7.65	28.94
18" x 65"	1.77	8.30	5.00	7,256	110,000	9,433	143,000	10,884	165,000	24.90	94.25	25.00	94.63	9.72	36.79
21" x 62"	2.41	11.00	7.00	9,235	140,000	12,005	182,000	13,852	210,000	33.00	124.91	35.00	132.48	13.23	50.07
24" x 65"	3.14	13.40	10.00	13,193	200,000	17,150	260,000	19,789	300,000	40.20	152.16	50.00	189.25	17.28	65.40
30" x 72"	4.91	25.00	15.00	19,789	300,000	25,726	390,000	29,683	450,000	75.00	283.88	75.00	283.88	27.00	102.18
36" x 72"	7.07	35.30	20.00	26,385	400,000	34,301	520,000	39,578	600,000	105.90	400.83	100.00	378.50	38.89	147.18
42" x 72"	9.62	46.10	30.00	39,578	600,000	51,451	780,000	59,367	900,000	90.00	340.65	150.00	567.75	52.91	200.26
48" x 72"	12.57	61.90	40.00	52,770	800,000	68,602	1,040,000	79,156	1,200,000	120.00	454.20	200.00	757.00	69.14	261.68
63" x 67"	21.65	80.20	55.00	72,559	1,100,000	94,327	1,430,000	108,839	1,650,000	165.00	624.53	275.00	1,040.88	119.06	450.64
66" x 60"	23.76	118.80	80.00	105,520	1,600,000	137,200	2,080,000	158,311	2,400,000	240.00	908.80	240.00	908.40	285.12	1,079.18
72" x 60"	28.27	141.35	95.00	125,305	1,900,000	162,925	2,470,000	187,995	2,850,000	285.00	1,079.20	285.00	1,078.73	339.24	1,284.02
78" x 60"	33.18	165.90	110.00	145,090	2,200,000	188,650	2,860,000	217,678	3,300,000	330.00	1,249.60	330.00	1,249.05	398.16	1,507.04
84" x 60"	38.48	192.40	130.00	171,470	2,600,000	222,950	3,380,000	257,256	3,900,000	390.00	1,476.80	390.00	1,476.15	461.76	1,747.76
90" x 60"	44.18	220.90	150.00	197,850	3,000,000	257,250	3,900,000	296,834	4,500,000	450.00	1,704.00	450.00	1,703.25	530.16	2,006.66
96" x 60"	50.27	251.35	170.00	224,230	3,400,000	291,550	4,420,000	336,412	5,100,000	510.00	1,931.20	510.00	1,930.35	603.24	2,283.26
102" x 60"	56.75	283.75	190.00	250,610	3,800,000	325,850	4,940,000	375,989	5,700,000	570.00	2,158.40	570.00	2,157.45	681.00	2,577.59
108" x 60"	63.62	318.10	215.00	283,585	4,300,000	368,725	5,590,000	425,462	6,450,000	645.00	2,442.40	645.00	2,441.33	763.44	2,889.62
114" x 60"	70.88	354.40	240.00	316,560	4,800,000	411,600	6,240,000	474,934	7,200,000	720.00	2,726.40	720.00	2,725.20	850.56	3,219.37
120" x 60"	78.54	392.70	260.00	342,940	5,200,000	445,900	6,760,000	514,512	7,800,000	780.00	2,953.60	780.00	2,952.30	942.48	3,567.29
126" x 60"	86.59	432.95	300.00	395,700	6,000,000	514,500	7,800,000	593,688	9,000,000	900.00	3,408.00	900.00	3,406.50	1,039.08	3,932.92
132" x 60"	95.03	475.15	315.00	415,485	6,300,000	540,225	8,190,000	623,351	9,450,000	945.00	3,578.40	945.00	3,576.83	1,140.36	4,316.26
138" x 60"	103.87	519.35	350.00	461,650	7,000,000	600,250	9,100,000	692,612	10,500,000	1,050.00	3,976.00	1,050.00	3,974.25	1,246.44	4,717.78
144" x 60"	113.10	565.50	380.00	501,220	7,600,000	651,700	9,880,000	751,979	11,400,000	1,140.00	4,316.80	1,140.00	4,314.90	1,357.20	5,137.00

NOTA: La columna "Económica" está basada en una regeneración con 6 lb de sal por pie cúbico de resir  
 La columna "Normal" está basada en una regeneración con 10 lb de sal por pie cúbico de resir  
 La columna "Máxima" está basada en una regeneración con 15 lb de sal por pie cúbico de resir



## Anexo N°2

FILTROS MULTICAMA												
Tanque	Pie <sup>2</sup> Área Tanque	Pie <sup>3</sup> Vol. Tanque	Pie <sup>3</sup> Mat. Filtrante	FLUJO DE SERVICIO								
				Excelente		Normal		Pico		Retrolavado		
				GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM	
8" x 44"	0.35	1.16	0.75	3.49	13.21	4.36	16.50	5.24	19.80	5.24	7.27	
9" x 48"	0.44	1.58	1.00	4.42	16.72	5.52	20.90	6.63	25.10	6.63	9.20	
10" x 54"	0.54	2.19	1.50	5.40	20.44	6.75	25.50	8.10	30.70	8.10	11.24	
12" x 52"	0.78	3.00	2.00	7.80	29.52	9.75	36.90	11.70	44.30	11.70	16.24	
13" x 54"	0.92	3.68	2.50	9.20	34.82	11.50	43.50	13.80	52.20	13.80	19.15	
14" x 65"	1.07	5.10	3.00	10.69	40.46	13.36	50.60	16.03	60.70	16.03	22.25	
16" x 65"	1.39	6.60	4.00	13.90	52.61	17.38	65.80	20.85	78.90	20.85	28.94	
18" x 65"	1.77	8.30	5.00	17.67	66.88	22.09	83.60	26.51	100.30	26.51	36.79	
21" x 62"	2.41	11.00	7.00	24.05	91.04	30.07	113.80	36.08	136.60	36.08	50.07	
24" x 65"	3.14	13.40	10.00	31.42	118.91	39.27	148.60	47.12	178.40	47.12	65.40	
30" x 72"	4.91	25.00	15.00	49.09	185.79	61.36	232.20	73.63	278.70	73.63	102.18	
36" x 72"	7.07	35.30	20.00	70.70	267.60	88.38	334.50	106.05	401.40	106.05	147.18	
42" x 72"	9.62	46.10	30.00	96.20	364.12	120.25	455.10	144.30	546.20	144.30	200.26	
48" x 72"	12.57	61.90	40.00	125.70	475.77	157.13	594.70	188.55	713.70	188.55	261.68	
63" x 67"	21.65	80.20	55.00	216.47	819.34	270.59	1,024.20	324.71	1,229.00	324.71	450.64	
66" x 60"	23.76	118.80	80.00	118.80	449.66	166.32	629.50	237.60	899.30	285.12	1,079.18	
72" x 60"	28.27	141.35	95.00	141.35	535.01	197.89	749.00	282.70	1,070.00	339.24	1,284.02	
78" x 60"	33.18	165.90	110.00	165.90	627.93	232.26	879.10	331.80	1,255.90	398.16	1,507.04	
84" x 60"	38.48	192.40	130.00	192.40	728.23	269.36	1,019.50	384.80	1,456.50	461.76	1,747.76	
90" x 60"	44.18	220.90	150.00	220.90	836.11	309.26	1,170.50	441.80	1,672.20	530.16	2,006.66	
96" x 60"	50.27	251.35	170.00	251.35	951.36	351.89	1,331.90	502.70	1,902.70	603.24	2,283.26	
102" x 60"	56.75	283.75	190.00	283.75	1,073.99	397.25	1,503.60	567.50	2,148.00	681.00	2,577.59	
108" x 60"	63.62	318.10	215.00	318.10	1,204.01	445.34	1,685.60	636.20	2,408.00	763.44	2,889.62	
114" x 60"	70.88	354.40	240.00	354.40	1,341.40	496.16	1,878.00	708.80	2,682.80	850.56	3,219.37	
120" x 60"	78.54	392.70	260.00	392.70	1,486.37	549.78	2,080.90	785.40	2,972.70	942.48	3,567.29	
126" x 60"	86.59	432.95	300.00	432.95	1,638.72	606.13	2,294.20	865.90	3,277.40	1,039.08	3,932.92	
132" x 60"	95.03	475.15	315.00	475.15	1,798.44	665.21	2,517.80	950.30	3,596.90	1,140.36	4,316.26	
138" x 60"	103.87	519.35	350.00	519.35	1,965.74	727.09	2,752.00	1,038.70	3,931.50	1,246.44	4,717.78	
144" x 60"	113.10	565.50	380.00	565.50	2,140.42	791.70	2,996.60	1,131.00	4,280.80	1,357.20	5,137.00	

**NOTA:** Para los filtros de 8" a 62" los flujos de servicio están basados de la siguiente forma:  
**El excelente a 10 gpm/pie<sup>2</sup>, el normal a 12.5 gpm/pie<sup>2</sup>, el pico a 15 gpm/pie<sup>2</sup>**

Anexo N° 3

## FILTROS CARBÓN ACTIVADO

Tanque	Pie <sup>2</sup> Area Tanque	Pie <sup>3</sup> Vol. Tanque	Pie <sup>3</sup> Mat. Filtrante	FLUJO DE SERVICIO							
				Olores y Sabores		Decolorar		Osmosis Inversa		Retrolavado	
				GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM	GPM	LPM
8" x 44"	0.35	1.16	0.75	2.09	7.93	3.49	13.20	1.75	6.60	3.49	13.20
9" x 48"	0.44	1.58	1.00	2.65	10.03	4.42	16.70	2.21	8.40	4.42	16.70
10" x 54"	0.54	2.19	1.50	3.24	12.26	5.40	20.40	2.70	10.20	5.40	20.40
12" x 52"	0.78	3.00	2.00	4.68	17.71	7.80	29.50	3.90	14.80	7.80	29.50
13" x 54"	0.92	3.68	2.50	5.52	20.89	9.20	34.80	4.60	17.40	9.20	34.80
14" x 65"	1.07	5.10	3.00	6.41	24.28	10.69	40.50	5.34	20.20	10.69	40.50
16" x 65"	1.39	6.60	4.00	8.34	31.57	13.90	52.60	6.95	26.30	13.90	52.60
18" x 65"	1.77	8.30	5.00	10.60	40.13	17.67	66.90	8.84	33.40	17.67	66.90
21" x 62"	2.41	11.00	7.00	14.43	54.62	24.05	91.00	12.03	45.50	24.05	91.00
24" x 65"	3.14	13.40	10.00	18.85	71.34	31.42	118.90	15.71	59.50	31.42	118.90
30" x 72"	4.91	25.00	15.00	29.45	111.47	49.09	185.80	24.54	92.90	49.09	185.80
36" x 72"	7.07	35.30	20.00	42.42	160.56	70.70	267.60	35.35	133.80	70.70	267.60
42" x 72"	9.62	46.10	30.00	57.72	218.47	96.20	364.10	48.10	182.10	96.20	364.10
48" x 72"	12.57	61.90	40.00	75.42	285.46	125.70	475.80	62.85	237.90	125.70	475.80
63" x 67"	21.65	80.20	55.00	129.88	491.60	216.47	819.30	108.24	409.70	216.47	819.30
66" x 60"	23.76	118.80	80.00	142.56	539.90	237.60	899.30	118.80	449.70	237.60	899.30
72" x 60"	28.27	141.35	95.00	169.62	642.01	282.70	1,070.00	141.35	535.00	282.70	1,070.00
78" x 60"	33.18	165.90	110.00	199.08	753.52	331.80	1,255.90	165.90	627.90	331.80	1,255.90
84" x 60"	38.48	192.40	130.00	230.88	873.88	384.80	1,456.50	192.40	728.20	384.80	1,456.50
90" x 60"	44.18	220.90	150.00	265.08	1,003.33	441.80	1,672.20	220.90	836.10	441.80	1,672.20
96" x 60"	50.27	251.35	170.00	301.62	1,141.63	502.70	1,902.70	251.35	951.40	502.70	1,902.70
102" x 60"	56.75	283.75	190.00	340.50	1,288.79	567.50	2,148.00	283.75	1,074.00	567.50	2,148.00
108" x 60"	63.62	318.10	215.00	381.72	1,444.81	636.20	2,408.00	318.10	1,204.00	636.20	2,408.00
114" x 60"	70.88	354.40	240.00	425.28	1,609.68	708.80	2,682.80	354.40	1,341.40	708.80	2,682.80
120" x 60"	78.54	392.70	260.00	471.24	1,783.64	785.40	2,972.70	392.70	1,486.40	785.40	2,972.70
126" x 60"	86.59	432.95	300.00	519.54	1,966.46	865.90	3,277.40	432.95	1,638.70	865.90	3,277.40
132" x 60"	95.03	475.15	315.00	570.18	2,153.13	950.30	3,596.90	475.15	1,798.40	950.30	3,596.90
138" x 60"	103.87	519.35	350.00	623.22	2,358.89	1,038.70	3,931.50	519.35	1,965.70	1,038.70	3,931.50
144" x 60"	113.10	565.50	380.00	678.60	2,568.50	1,131.00	4,280.80	565.50	2,140.40	1,131.00	4,280.80

NOTA: Los flujos de los servicios están basados de la siguiente forma  
 El de Osmosis Inversa a 5 gpm/pie<sup>2</sup> El de Olores y Sabores a 6 gpm/pie<sup>2</sup> el Decolorar a 10 gpm/pie<sup>2</sup>

Anexo N° 4

**MÁXIMOS ESFUERZOS PERMISIBLES A LA TENSIÓN**

ESPECIFICACIONES  PLACA DE ACERO	GRADO	MÍNIMO ESPECIFICADO		MÁXIMO ESFUERZO A LA TENSIÓN (lb/pg <sup>2</sup> )
		RESISTENCIA A LA TENSIÓN (lb/pg <sup>2</sup> )	PUNTO CEDENTE (lb/pg <sup>2</sup> )	
ASTM A 131	A	58,000	32,000	15,200
ASTM A 131	B Y C	58,000	32,000	16,000
ASTM A 131	CS	58,000	32,000	16,000
ASTM A 283	C	55,000	30,000	15,200
ASTM A 283	D	60,000	33,000	15,200
ASTM A 285	C	55,000	30,000	16,500
ASTM A 442	55	55,000	30,000	16,500
ASTM A 442	60	60,000	32,000	18,000
ASTM A 516	55	55,000	30,000	16,500
ASTM A 516	60	60,000	32,000	18,000
ASTM A 516	65	65,000	35,000	19,500
ASTM A 516	70	70,000	38,000	21,000
ASTM A 516	TIPO 3	80,000	60,000	24,000
ASTM A 537	CLASE 1	70,000	50,000	21,000
ASTM A 537	CLASE 2	80,000	60,000	24,000
ASTM A 573	65	65,000	35,000	18,000
ASTM A 573	70	70,000	38,000	19,300
ASTM A 662	B	65,000	40,000	19,500
CSA G 40.8	A Y B	65,000	40,000	18,000
ISO R630 Fe 42	C Y D	60,000	34,000	16,500
ISO R630 Fe 44	C Y D	62,500	35,500	17,300
ISO R630 Fe 52	C Y D	71,000	48,500	19,600



Anexo N° 5

PESO DE CASCOS Y CABEZAS.										
DIAM. DEL RECI- PIENTE	ESPEJOR DE PARED									
	¼"					5/16"				
	CASCO		CABEZA			CASCO		CABEZA		
	D.I.	D.E.	ELIP.	B Y C	HEMIS	D.I.	D.E.	ELIP.	B Y C	HEMIS
12	33	31	22	14	20	41	39	28	19	26
14	38	36	28	19	28	48	46	35	24	35
16	44	42	33	23	36	54	52	41	29	46
18	49	49	41	28	46	61	59	51	35	58
20	54	52	47	35	56	68	66	58	43	71
22	60	58	55	41	68	74	72	69	51	85
24	65	63	62	47	81	81	79	78	58	101
26	70	68	70	55	95	88	86	87	69	119
28	76	74	78	62	110	94	92	100	78	138
30	81	79	89	70	126	101	99	114	87	158
32	86	84	100	80	143	108	106	129	100	179
34	92	90	113	89	161	114	112	144	111	202
36	97	95	128	98	180	121	119	160	123	226
38	102	100	139	110	201	128	126	177	138	256
40	108	106	156	120	222	134	133	195	150	279
42	113	111	165	131	245	141	139	214	163	307
48	129	127	215	168	320	161	139	285	210	400
54	145	143	270	210	404	182	179	351	263	506
60	161	159	330	257	498	202	199	434	322	624
66	177	175	398	309	602	222	219	520	386	755
72	193	191	453	365	717	243	239	598	456	897
78	209	207	543	421	840	263	259	695	532	1052
84	225	223	624	492	974	283	279	806	614	1220
90	241	239	723	556	1118	303	299	925	702	1399
96	257	255	820	637	1272	334	319	1050	796	1592
102	273	371	922	710	1435	344	339	1180	896	1796
108	289	287	1031	801	1608	364	359	1320	1001	2013
114	305	303	1150	883	1792	385	379	1468	1104	2242
120	321	319	1255	984	1985	405	399	1622	1330	2484
126	337	335	1445	1075	2188	425	419	1820	1344	2738
132	353	351	1590	1186	2401	446	439	1990	1482	3004
138	369	367	1730	1286	2624	466	459	2160	1607	3282
144	385	383	1880	1406	2856	486	480	2350	1758	3573

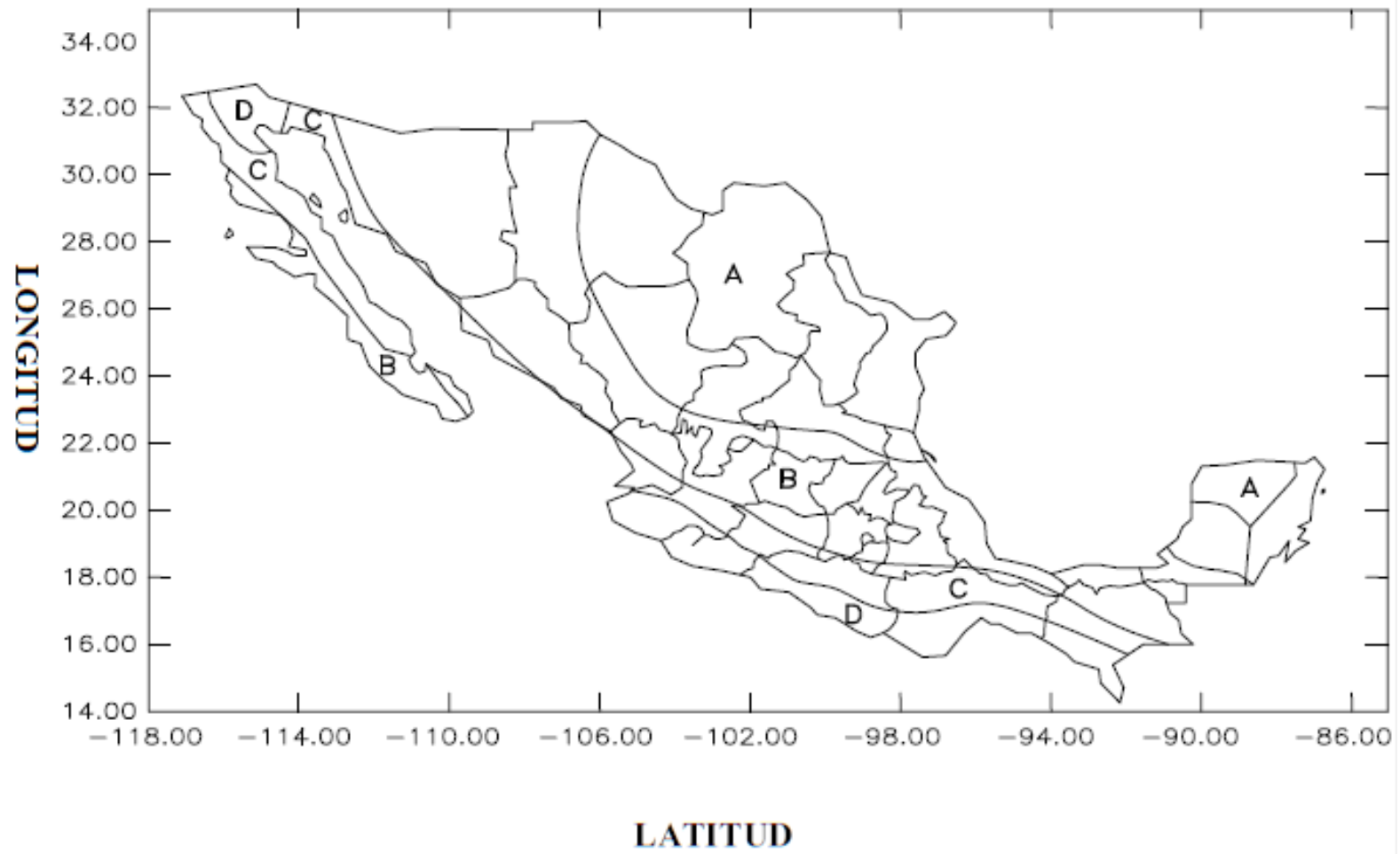
Anexo N° 6

VOLUMEN DE CASCOS Y CABEZAS.								
D.I. DEL RECIPIENTE, PULG.	CASCO cilíndrico /pie lineal				CABEZA ELIP. 2:1*			
	Pies cúbicos	Gal.	Barriles	Peso del agua, lb.	Pies cúbicos	Gal.	Barriles	Peso del agua, lb.
12	0.8	5.9	0.14	49	0.1	0.98	0.02	8.17
14	1.1	8.0	0.19	67	0.2	1.55	0.04	12.98
16	1.4	10.4	0.25	87	0.3	2.32	0.06	19.37
18	1.8	13.2	0.31	110	0.4	3.30	0.08	27.58
20	2.2	16.3	0.39	136	0.6	4.53	0.11	37.83
22	2.6	19.7	0.47	165	0.8	6.03	0.14	50.35
24	3.1	23.5	0.56	196	1.0	7.83	0.19	65.37
26	3.7	27.6	0.66	230	1.3	9.96	0.24	83.11
28	4.3	32.0	0.76	267	1.7	12.44	0.30	103.8
30	4.9	36.7	0.87	306	2.0	15.30	0.36	127.7
32	5.6	41.8	0.99	349	2.5	18.57	0.44	155.0
34	6.3	47.2	1.12	394	3.0	22.27	0.53	185.9
36	7.1	52.9	1.26	441	3.5	26.47	0.63	220.1
38	7.9	58.9	1.40	492	4.2	31.09	0.74	259.5
40	8.7	65.3	1.55	545	4.8	36.27	0.86	302.6
42	9.6	72.0	1.71	601	5.6	41.98	1.00	350.4
48	12.6	94.0	2.24	784	8.4	62.67	1.49	523.0
54	15.9	119.0	2.83	993	11.9	89.23	2.12	744.6
60	19.6	146.9	3.50	1226	16.3	122.4	2.91	1021
66	23.8	177.7	4.23	1483	21.8	162.9	3.88	1360
72	28.3	211.5	5.04	1765	28.3	211.5	5.04	1765
78	33.2	248.2	5.91	2071	35.9	268.9	6.40	2244
84	38.5	287.9	6.85	2402	44.9	335.9	8.00	2802
90	44.2	330.5	7.87	2758	55.2	413.1	9.84	3447
96	50.3	376.0	8.95	3138	67.0	501.3	11.94	4184
102	56.7	424.4	10.11	3542	80.3	601.4	14.32	5018
108	63.6	475.9	11.33	3971	95.4	713.8	17.00	5957
114	70.9	530.2	12.62	4425	112.2	839.5	20.00	7006
120	78.5	587.5	13.99	4903	130.9	979.2	23.31	8171
126	46.6	647.7	15.42	5405	151.5	1134	27.00	9459
132	95.0	710.9	16.93	5932	174.2	1303	31.03	10876
138	103.9	777.0	18.50	6484	190.1	1489	35.46	12428
144	113.1	846.0	20.14	7060	226.2	1692	40.29	14120

Anexo 7

<b>VELOCIDADES MÁXIMAS DEL VIENTO.</b>						
En metros por segundo						
No. DE ORDEN	OBSERVATORIO	COORDENADAS EN GRADOS Y MINUTOS			RUMBO	
		LATITUD	LONGITUD	ALTITUD EN METROS	DIRECCION	VELOCIDAD EN M/SEGUNDO
1	ENSENADA, B.C.	31-51	116-38	13	W	14.4
2	LA PAZ, B.C.	24-10	110-25	10	NE	37.0
3	PUERTO CORTES, B.C.	24-26	111-52	5	N	21.8
4	CAMPECHE, CAMP.	19-51	90-33	5	E	36.0
5	TORREON COAH.	25-32	103-27	1013	SE	38.0
6	SALTILLO COAH.	25-25	102-00	1609	SSE	29.0
7	PIEDRAS NEGRAS COAH.	28-42	100-31	220	NE	41.0
8	MONCLOVA, COAH.	26-53	101-25	591	NNE	16.5
9	COLIMA, COL.	19-14	103-43	494	SE	38.4
10	MANZANILLO, COL.	19-03	104-17	8	WSW	65.0
11	COMITAN, CHIS.	16-15	92-08	1530	E	29.0
12	TAPACHULA, CHIS.	14-55	82-16	182	NE	25.0
13	TUXTLA GUTIERREZ, CHIS.	16-45	93-07	518	W/NNE	19.0
14	CHIHUAHUA, CHIH.	28-38	106-05	1423	SSW	38.5
15	TACUBAYA, D.F.	19-24	99-12	2308	SSE	28.4
16	CD. LERDO, DGO.	25-32	103-31	1135	SW	38.0
17	DURANGO, DGO.	24-02	104-40	1889	NE	23.8
18	ACAPULCO, GRO.	16-50	99-56	28	ENE	49.9
19	CHILPANCINCO, GRO.	17-33	99-30	360	E-ESE-SE	23.0
20	GUANAJUATO, GTO.	21-01	101-15	2050	W-NE	21.0
21	PACHUCA, HGO.	20-08	98-44	2426	NE	33.3
22	GUADALAJARA, JAL.	20-43	103-23	1589	NE	27.6
23	HUEJUCAR, JAL.	22-21	103-12	1932	SW	20.5
24	TOLUCA, MEX	19-18	99-40	2680	N	20.0
25	MORELIA, MICH.	19-42	101-11	1941	S	22.1
26	TEPIC, NAY.	21-31	104-54	915	NW	12.5
27	MONTERREY, N.L.	25-40	100-18	538	ESE	30.5
28	OAXACA, OAX.	17-04	96-43	1550	W	27.0
29	SALINA CRUZ, OAX.	16-10	95-12	6	NW	54.0
30	PUEBLA, PUE.	19-02	98-12	2162	SE	23.8
31	QUERETARO, QRO.	26-36	100-23	1842	W/SE	25.0
32	COZUMEL, Q. ROO	20-31	86-57	3	N	53.5
33	CHETUMAL, Q. ROO	18-30	88-18	3	SE-E-ESE	14.0
34	SAN LUIS POTOSI, S.L.P.	22-09	100-59	1877	W	25.2

Anexo N° 8



Anexo N° 9

<b>COEFICIENTE DE SISMO “C”.</b>					
ZONA SISMICA	TIPO DE SUELO	%	C	T <sub>a</sub> (S)	T <sub>b</sub> (S)
A	I	0.02	0.08	0.2	0.6
	II	0.04	0.16	0.3	1.5
	III	0.05	0.20	0.6	2.9
B	I	0.04	0.14	0.2	0.6
	II	0.08	0.30	0.3	1.5
	III	0.10	0.36	0.6	2.9
C	I	0.36	0.36	0.0	0.6
	II	0.64	0.64	0.0	1.4
	III	0.64	0.64	0.0	1.9
D	I	0.50	0.50	0.0	0.6
	II	0.86	0.86	0.0	1.2
	III	0.86	0.86	0.0	1.7



Anexo N° 10



**PRINCIPALES TEJIDOS EN ACERO INOXIDABLE \***

Malla o Mesh	Diámetro de alambre			Abertura		
	Calibre	mm	pulgadas	mm	pulgadas	%
2 x 2	16	1.600	0.0630	11.1000	0.4370	76.4
3 x 3	16	1.600	0.0630	6.8600	0.2700	65.6
4 x 4	18	1.220	0.0480	5.1600	0.2030	65.9
5 x 5	20	0.890	0.0350	4.1800	0.1640	67.7
6 x 6	18	1.220	0.0480	3.0500	0.1200	51.8
6 x 6	20	0.890	0.0350	3.3500	0.1318	62.7
6 x 6	22	0.710	0.0270	3.5300	0.1318	69.6
8 x 8	21	0.810	0.0320	2.3600	0.0930	55.4
10 x 10	23	0.630	0.0250	1.9100	0.0750	56.3
10 x 10	24	0.580	0.0228	1.5400	0.0602	51.8
12 x 12	24	0.560	0.0220	1.5200	0.0600	51.8
14 x 14	25	0.500	0.0200	1.3000	0.0510	51.0
16 x 16	26	0.460	0.0180	1.1300	0.0450	50.7
18 x 18	26	0.460	0.0180	0.9600	0.0380	46.4
20 x 20	27	0.410	0.0160	0.8600	0.0340	46.2
24 x 24	28	0.350	0.0140	0.7000	0.0280	44.2
30 x 30	30	0.300	0.0120	0.5400	0.0210	40.8
30 x 30	32	0.241	0.0094	0.6040	0.0230	51.0
35 x 35	31	0.254	0.0100	0.4600	0.0190	38.8
40 x 40	31	0.250	0.0100	0.3800	0.0150	36.0
40 x 40	32	0.250	0.0100	0.3800	0.1500	36.0
50 x 50	32	0.230	0.0090	0.2800	0.0110	30.3
50 x 50	33	0.230	0.0090	0.2800	0.0110	30.3
60 x 60	34	0.180	0.0073	0.2400	0.0090	32.6
70 x 70	36	0.165	0.0064	0.1960	0.0077	29.8
80 x 80	38	0.130	0.0053	0.1900	0.0070	31.4
100 x 100	42	0.110	0.0045	0.1400	0.0060	30.3
120 x 120	43	0.090	0.0035	0.1220	0.0048	30.0
150 x 150	45	0.066	0.0026	0.1040	0.0041	37.8
165 x 165	47	0.053	0.0021	0.1030	0.0040	41.0
180 x 180	47	0.053	0.0021	0.0900	0.0035	40.7
200 x 200	47	0.053	0.0021	0.0730	0.0029	33.4
250 x 250	48	0.040	0.0016	0.0610	0.0024	36.0
325 x 325	48	0.035	0.0014	0.0432	0.0017	30.5
400 x 400	49	0.030	0.0011	0.0340	0.0013	28.2

## Anexo N° 11

(Viscosidad cinemática = valor de la tabla · 10<sup>-6</sup>)

Temp (° C)	Agua**		Disolvente comercial		Tetracloruro de carbono		Aceite lubricante medio	
	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)
5	1,000	1,520	0,728	1,476	1,620	0,763	0,905	471
10	1,000	1,308	0,725	1,376	1,608	0,696	0,900	260
15	0,999	1,142	0,721	1,301	1,595	0,655	0,896	186
20	0,998	1,007	0,718	1,189	1,584	0,612	0,893	122
25	0,997	0,897	0,714	1,101	1,572	0,572	0,890	92
30	0,995	0,804	0,710	1,049	1,558	0,531	0,886	71
35	0,993	0,727	0,706	0,984	1,544	0,504	0,883	54,9
40	0,991	0,661	0,703	0,932	1,522	0,482	0,875	39,4
50	0,990	0,556					0,866	25,7
65	0,980	0,442					0,865	15,4

Temp (° C)	Aceite a prueba de polvo*		Fuel-oil medio*		Fuel-oil pesado*		Gasolina*	
	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)
5	0,917	72,9	0,865	6,01	0,918	400	0,737	0,749
10	0,913	52,4	0,861	5,16	0,915	290	0,733	0,710
15	0,910	39,0	0,857	4,47	0,912	201	0,729	0,683
20	0,906	29,7	0,855	3,94	0,909	156	0,725	0,648
25	0,903	23,1	0,852	3,44	0,906	118	0,721	0,625
30	0,900	18,5	0,849	3,11	0,904	89	0,717	0,595
35	0,897	15,2	0,846	2,77	0,901	67,9	0,713	0,570
40	0,893	12,9	0,842	2,39	0,898	52,8	0,709	0,545

### Algunos otros líquidos

Líquido y temperatura	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)
Turpentina a 20° C	0,862	1,73
Aceite de linaza a 30° C	0,925	35,9
Alcohol etílico a 20° C	0,789	1,53
Benceno a 20° C	0,879	0,745
Glicerina a 20° C	1,262	661
Aceite de castor a 20° C	0,960	1.031
Aceite ligero de máq. a 16,5° C	0,907	137

\* Kessler y Lenz, Universidad de Wisconsin, Madison.

\*\* ASCE Manual 25.

Anexo N° 12

Accesorios	K
Válvula de globo completamente abierta	10.0
Válvula de ángulo completamente abierta	5.0
Válvula de retención de columpio abierta	2.5
Válvula de compuerta abierta	0.19
Codo en U	2.2
Conexión en T estándar	1.8
Codo estándar	0.9
Codo de radio medio	0.75
Codo de radio largo	0.60
Codo de 45 grados	0.45
Válvula de control abierta	3.0
De depósito a tubería a ras	0.50
De tubería a depósito (pérdida a la salida)	1.00

## ESPECIFICACIONES TECNICAS- FILTRO CARBON ACTIVADO

CARACTERISTICAS GENERALES	
Disposición del equipo:	Vertical
Diámetro del equipo:	42 in
Longitud del equipo:	72 in
Presión de trabajo:	<i>2 kgf/cm<sup>2</sup></i>
Temperatura máxima del fluido:	60 °C
DISTRIBUIDOR INTERIOR	
Material estándar crepinas:	Acero inoxidable AISI 304
Materiales especiales crepinas:	Acero inoxidable/PVDF/Polipropileno
LECHOS FILTRANTES	
Lechos adsorción:	Carbón activado
MATERIALES ESTANDAR	
Cuerpo:	Acero al carbono 285 C
Recubrimiento interior estándar:	Epoxy sin disolventes calidad alimentaria. Espesor de película seca 300 micras.
Recubrimiento exterior:	-Imprimación silicato de zinc. Espesor de película seca 65 micras.  -Epoxi de dos componentes curada con poliamida. Espesor de película seca 75 micras.  -Esmalte de poliuretano alifático brillante. Espesor de película seca 50 micras. RAL 5015.
Faldón:	Acero A-36
MATERIALES ESPECIALES(OPCIONALES)	
Cuerpo del filtro y tapas:	Acero inoxidable AISI 304-AISI 316
Recubrimiento interior:	Epoxy sin disolventes calidad alimentaria. Espesor de película seca 300 micras.
Recubrimiento exterior:	-Imprimación silicato de zinc. Espesor de película seca 65 micras.  -Epoxi de dos componentes curada con poliamida. Espesor de película seca 75 micras.  -Esmalte de poliuretano alifático brillante. Espesor de película seca 50 micras. RAL 5015.
DISEÑO DE EQUIPOS	
Códigos de diseño:	ASME Sección VIII / EN 13445 / AD-Merkblätter / CODAP.

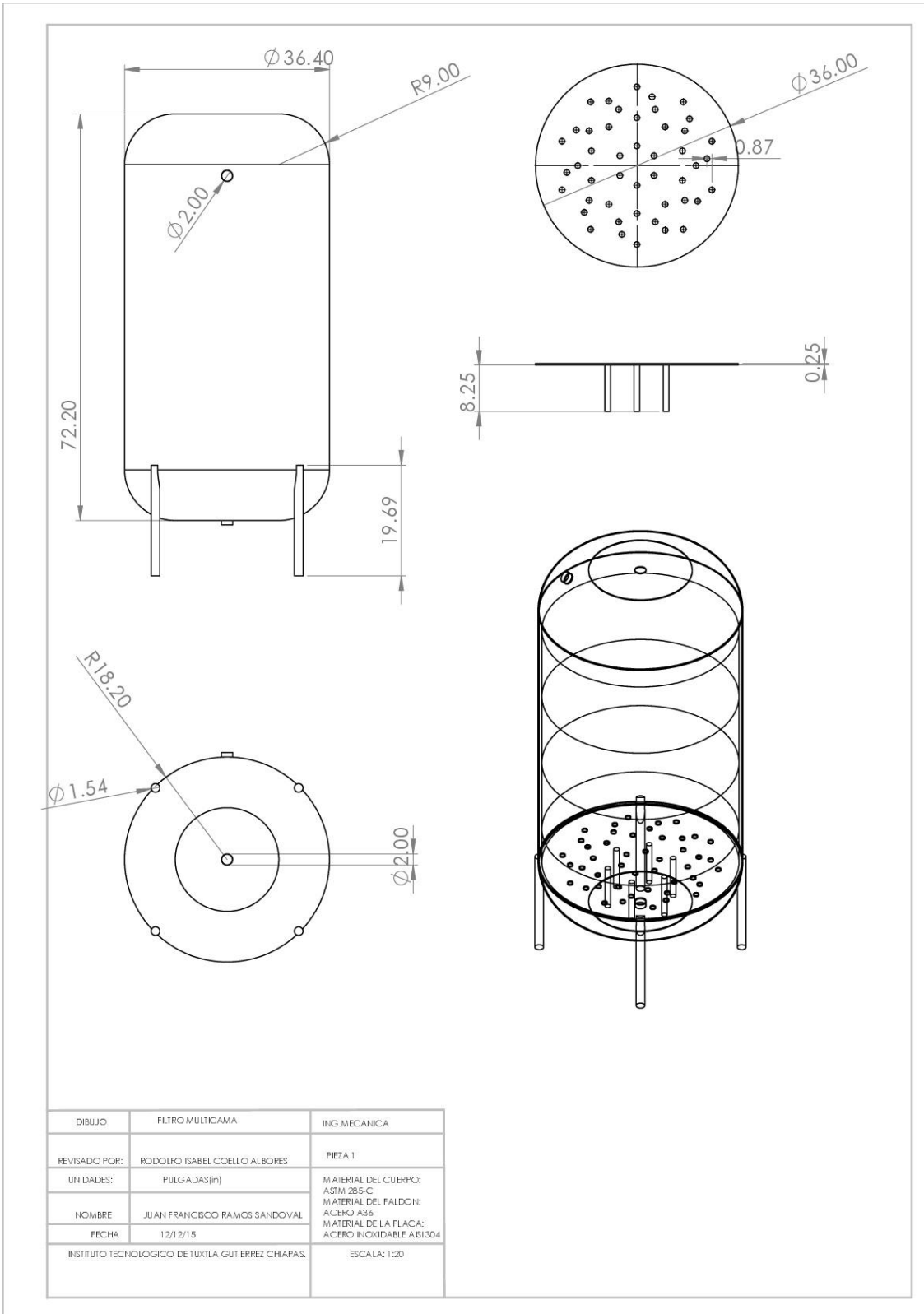
## ESPECIFICACIONES TECNICAS- FILTRO MULTICAMA

CARACTERISTICAS GENERALES	
Disposición del equipo:	Vertical
Diámetro del equipo:	36 in
Longitud del equipo:	72 in
Presión de trabajo:	<i>2 kgf/cm<sup>2</sup></i>
Temperatura máxima del fluido:	60 °C
DISTRIBUIDOR INTERIOR	
Material estándar crepinas:	Acero inoxidable AISI 304
Materiales especiales crepinas:	Acero inoxidable/PVDF/Polipropileno
LECHOS FILTRANTES	
Lechos tricapa:	Antracita + arena + grava
MATERIALES ESTANDAR	
Cuerpo:	Acero al carbono 285 C
Recubrimiento interior estándar:	Epoxy sin disolventes calidad alimentaria. Espesor de película seca 300 micras.
Recubrimiento exterior:	-Imprimación silicato de zinc. Espesor de película seca 65 micras.  -Epoxi de dos componentes curada con poliamida. Espesor de película seca 75 micras.  -Esmalte de poliuretano alifático brillante. Espesor de película seca 50 micras. RAL 5015.
Faldón:	Acero A-36
MATERIALES ESPECIALES(OPCIONALES)	
Cuerpo del filtro y tapas:	Acero inoxidable AISI 304-AISI 316
Recubrimiento interior:	Epoxy sin disolventes calidad alimentaria. Espesor de película seca 300 micras.
Recubrimiento exterior:	-Imprimación silicato de zinc. Espesor de película seca 65 micras.  -Epoxi de dos componentes curada con poliamida. Espesor de película seca 75 micras.  -Esmalte de poliuretano alifático brillante. Espesor de película seca 50 micras. RAL 5015.
DISEÑO DE EQUIPOS	
Códigos de diseño:	ASME Sección VIII / EN 13445 / AD-Merkblatter / CODAP.

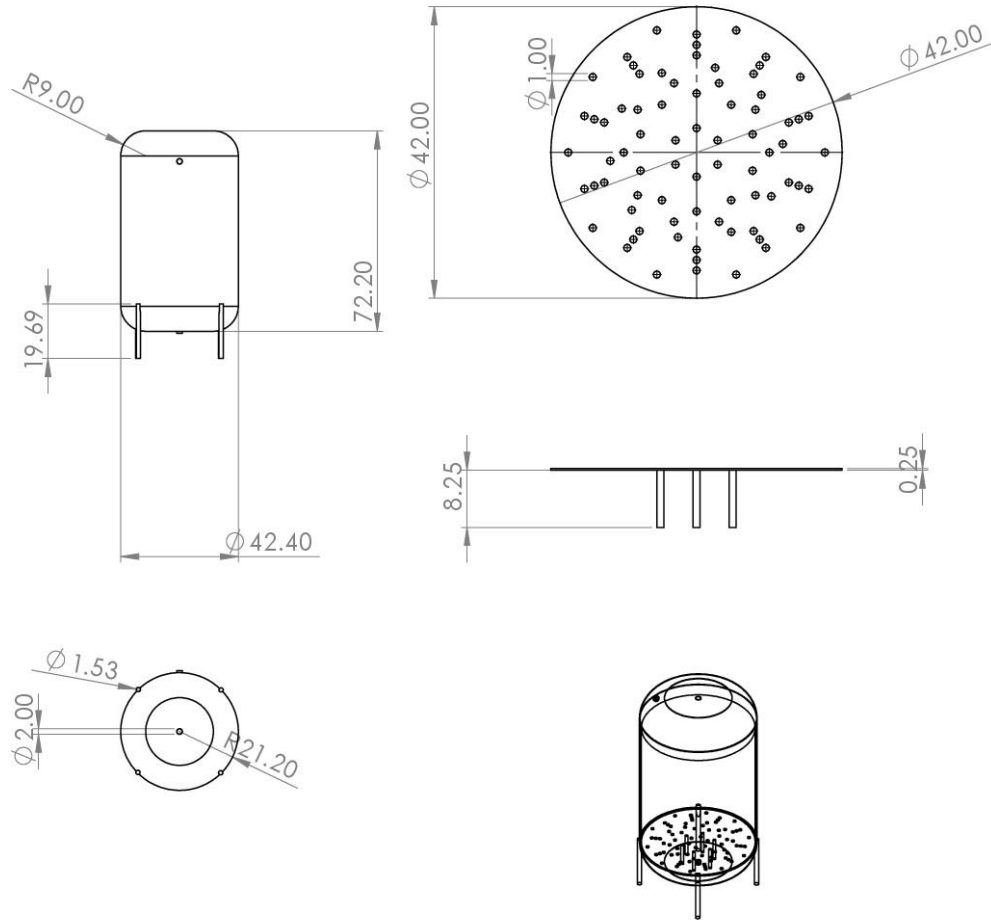
## ESPECIFICACIONES TECNICAS- FILTRO SUAVIZADORES

<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>	
Disposición del equipo:	Vertical
Diámetro del equipo:	30 in
Longitud del equipo:	72 in
Presión de trabajo:	<i>2 kgf/cm<sup>2</sup></i>
Temperatura máxima del fluido:	60 °C
<b>DISTRIBUIDOR INTERIOR</b>	
Material estándar crepinas:	Acero inoxidable AISI 304
Materiales especiales crepinas:	Acero inoxidable/PVDF/Polipropileno
<b>LECHOS FILTRANTES</b>	
Lechos bicapa:	Resina + grava silica
<b>MATERIALES ESTANDAR</b>	
Cuerpo:	Acero al carbono 285 C
Recubrimiento interior estándar:	Epoxi sin disolventes calidad alimentaria. Espesor de película seca 300 micras.
Recubrimiento exterior:	-Imprimación silicato de zinc. Espesor de película seca 65 micras.  -Epoxi de dos componentes curada con poliamida. Espesor de película seca 75 micras.  -Esmalte de poliuretano alifático brillante. Espesor de película seca 50 micras. RAL 5015.
Faldón:	Acero A-36
<b>MATERIALES ESPECIALES(OPCIONALES)</b>	
Cuerpo del filtro y tapas:	Acero inoxidable AISI 304-AISI 316
Recubrimiento interior:	Epoxi sin disolventes calidad alimentaria. Espesor de película seca 300 micras.
Recubrimiento exterior:	-Imprimación silicato de zinc. Espesor de película seca 65 micras.  -Epoxi de dos componentes curada con poliamida. Espesor de película seca 75 micras.  -Esmalte de poliuretano alifático brillante. Espesor de película seca 50 micras. RAL 5015.
<b>DISEÑO DE EQUIPOS</b>	
Códigos de diseño:	ASME Sección VIII / EN 13445 / AD-Merkblatter / CODAP.

## PLANO FILTRO MULTICAMA



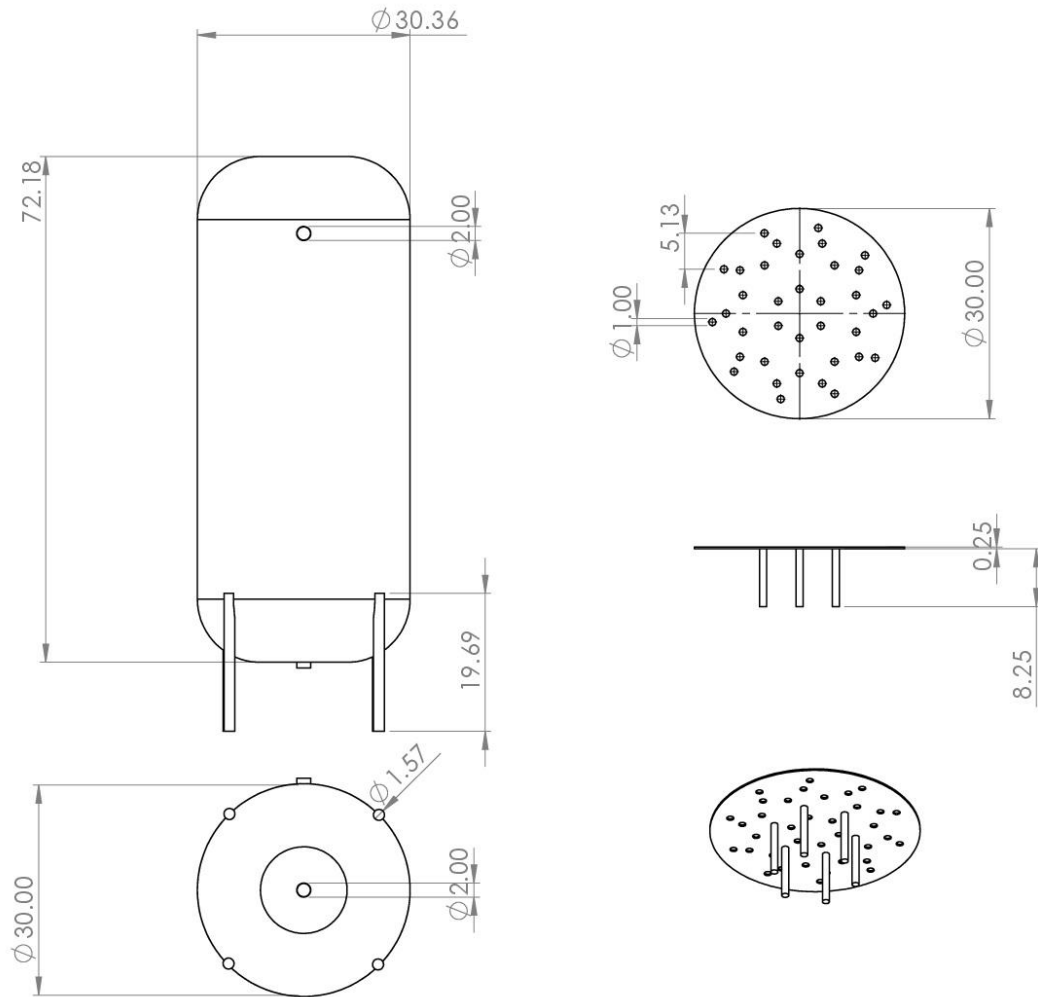
## PLANO FILTRO DE CARBON ACTIVADO



DIBUJO	FILTRO DE CARBON ACTIVADO	ING.MECANICA
REVISADO POR:	RODOLFO ISABEL COELLO ALBORES	PIEZA 2
UNIDADES:	PULGADAS(IN)	MATERIAL DEL CUERPO: ASTM 285-C
NOMBRE	JUAN FRANCISCO RAMOS SANDOVAL	MATERIAL DEL FALDON: ACERO A36
FECHA	12/12/15	MATERIAL DE LA PLACA: ACERO INOXIDABLE AISI 304
INSTITUTO TECNOLOGICO DE Tuxtla Gutierrez CHIAPAS,		ESCALA: 1:20

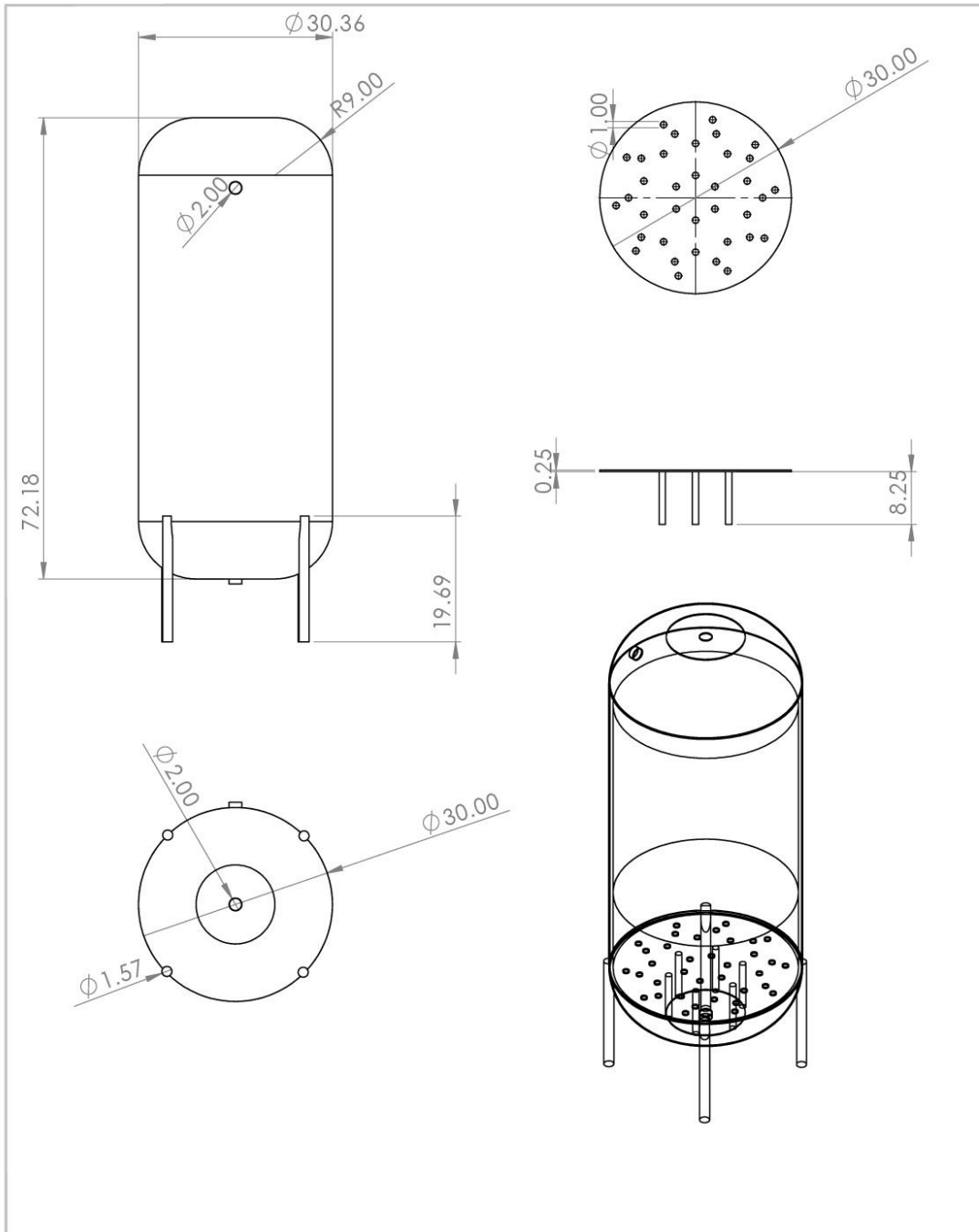


# PLANO SUAVIZADOR 1



DIBUJO	SUAVIZADOR 1	ING.MECANICA
REVISADO POR:	RODOLFO ISABEL COELLO ALBORES	PIEZA 3
UNIDADES:	PULGADAS(in)	MATERIAL DEL CUERPO: ASTM 285-C
NOMBRE	ALEJANDRO GARCIA HERNANDEZ	MATERIAL DEL FALDON: ACERO A36
FECHA	12/12/15	MATERIAL DE LA PLACA: ACERO INOXIDABLE AISI 304
INSTITUTO TECNOLOGICO DE Tuxtla Gutierrez CHIAPAS.		ESCALA: 1:20

## PLANO SUAVIZADOR 2



DIBUJO	SUAVIZADOR 2	ING.MECANICA
REVISADO POR:	RODOLFO ISABEL COELLO ALBORES	PIEZA 4
UNIDADES:	PULGADAS (in)	MATERIAL DEL CUERPO: ASTM 285-C
NOMBRE	ALEJANDRO GARCIA HERNANDEZ	MATERIAL DEL FALDON: ACERO A36
FECHA	12/12/15	MATERIAL DE LA PLACA: ACERO INOXIDABLE A 31304
INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ CHIAPAS.		ESCALA: 1:20