

**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA  
 PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA  
 FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

**Nº DE RADICACIÓN: \_\_\_\_\_**

**INFORMACIÓN EJECUTORES**

**Ejecutor 1**

Nombre (s):	Mario Alexander
Apellido (s):	Casallas Rodríguez
Código:	20132375017
E-mail:	mario9101@Gmail.com
Teléfono fijo:	2704229
Celular:	3134556770



**Ejecutor 2**

Nombre (s):	Juan Alberto
Apellido (s):	Mantilla López
Código:	20132375034
E-mail:	jamantillal@correo.udistrital.edu.co
Teléfono fijo:	4795585
Celular:	3142036380



**INFORMACIÓN DEL PROYECTO**

Título del Proyecto:	Diseño de un tanque de almacenamiento de agua caliente sanitaria (ACS) para un calentador solar a partir de materiales de bajo costo, basados en la norma ASME" recipientes a presión".	
Duración (estimada):	4 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Producción Académica	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Conversión de energías y mecánica de fluidos	
Grupo de Investigación:	GIEAUD	
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Termodinámica, Transferencia de calor	

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

Director: (Vo. Bo.)	German Arturo López Martínez
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	
Firma director proyecto (: (Vo. Bo.)	

## TABLA DE CONTENIDO

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- 3 ESTADO DEL ARTE
  - 3.1 DESARROLLOS Y DISEÑOS EXISTENTES
  - 3.2 REGLAMENTACIÓN COLOMBIANA PARA LA INSTALACIÓN DE CALENTADORES SOLARES
- 4 JUSTIFICACIÓN
- 5 OBJETIVO GENERAL
- 6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS
- 7 MARCO TEÓRICO
- 8 METODOLOGÍA
- 9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES
- 10 PRESUPUESTO
- 11 REFERENCIAS

## **1 INTRODUCCIÓN**

La sociedad actual se preocupa por las próximas generaciones debido al uso excesivo de los combustibles fósiles, y para disminuir los efectos nocivos es necesaria la implementación masiva de las energías renovables; una de ellas es la energía solar que puede ser usada para accionar dispositivos de calefacción de uso común. Ésta práctica ayuda a la economía familiar y reduce notablemente los gastos de energía eléctrica en un hogar, dando así una nueva visión a los individuos en cuanto al uso de energías limpias y renovables que no causan problemas al medio ambiente y contribuyen a aminorar el cambio climático en el planeta.

## **2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El grupo de investigación de energías alternativas (GIEAUD) Y el semillero de energías alternativas (SEA) de la Universidad Distrital Francisco José de caldas en su constante búsqueda del aprovechamiento de la energía renovable ha desarrollado seis proyectos de diferentes tipos de colectores solares (captador solar con tubería en PVC en serie y envases PET translucidos, captador solar con tubería en PVC en paralelo y envases PET translucidos, captador solar con tubería galvanizada en serie y paralelo con envases PET translucidos, captador solar con tubería en PVC en serie y paralelo con envases PET opacos); evaluando su rendimiento térmico y funcionalidad, es allí donde entra la preocupación de diseñar un tanque de almacenamiento con materiales de bajo costo con las siguientes especificaciones: manejo de una caudal de 0,1 L/s, temperaturas admisibles de trabajo entre 40°C y 60 °C y una capacidad de 120 L. En estos momentos no se cuenta con dicho dispositivo debido a que a recipiente existente presenta fugas y no es el adecuado para la reglamentación que así lo exige.

### 3 ESTADO DEL ARTE

#### DESARROLLOS Y DISEÑOS EXISTENTES

- **TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CALIENTE VERTICAL**



#### **Características de los Tanques de Almacenamiento y Capacidades**

El tanque de almacenamiento de agua caliente se caracteriza por:

- Poseer diversas capacidades (40 L, 60 L y 100 L).
- Fabricado en chapa de hierro de 2.6 mm de espesor.
- Pintado con pintura interna en polvo epóxica electrostática.
- Aislado con espuma de poliuretano de 50 mm de espesor.

#### **¿Cómo Funciona?**

El tanque de almacenamiento conserva caliente el agua producida por el panel solar o colector, este tanque de forma cilíndrica es fabricado en hierro y pintado y acabado con pintura epóxica. De esta manera el tanque se llena con agua fría por la parte más baja (el agua fría pesa más que la caliente). El colector al capturar la radiación del sol y transformarla en energía calórica, provoca que el agua que se encuentra en el colector gane energía calórica y suba hacia el tanque solar, convirtiéndose en una recirculación cíclica; siempre y cuando exista una diferencia de temperatura entre la parte baja del tanque y el colector solar.

#### **Instalación:**

En los tanques galvanizados y de acero inoxidable, se usan tuberías y conexiones del mismo material que el de los tanques, o con tubería y conexiones de plástico

ABS que soporten la temperatura del agua caliente contenida en el recipiente, si utiliza tubería y conexiones metálicas de materiales diferentes a los materiales antes recomendados, coloque conexiones dieléctricas o un ánodo de sacrificio en el recipiente, esto evitará la formación de un par galvánico que produce una corrosión acelerada en el recipiente.

**Mantenimiento:**

Los tanques están libres de mantenimiento pero si usted desea tenerlo sin suciedades, solicite que se instale un registro pasa hombre para facilitar el acceso a su interior y darle limpieza.

**Cuidados para el recipiente:**

El agua que se almacena en el recipiente debe cumplir con los parámetros de calidad indicados en la norma NOM-127-SSA1-1994

- **TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CALIENTE HORIZONTAL**



**Funcionamiento:**

El funcionamiento de los tanques sujetos a presión está determinado por los resultados de los cálculos de la presión de operación. Los tanques Masstanq son construidos con placa de acero de primera. Integran tapas torisférocas fabricadas en base al código ASME. Los tanques verticales tienen patas fijas.

**Instalación:**

En los tanques galvanizados y de acero inoxidable, se usan tuberías y conexiones del mismo material que el de los tanques, o con tubería y conexiones de plástico ABS que soporten la temperatura del agua caliente contenida en el recipiente, si utiliza tubería y conexiones metálicas de materiales diferentes a los materiales antes recomendados, coloque conexiones dieléctricas o un ánodo de sacrificio en el recipiente, esto evitará la formación de un par galvánico que produce una corrosión acelerada en el recipiente.

**Mantenimiento:**

Los tanques están libres de mantenimiento pero si usted desea tenerlo sin suciedades, solicite que se instale un registro pasa hombre para facilitar el acceso a su interior y darle limpieza.

**Cuidados para el recipiente:**

El agua que se almacena en el recipiente debe cumplir con los parámetros de calidad indicados en la norma NOM-127-SSA1-1994

- **RECIPIENTES ESFÉRICOS:**



El almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones materiales son normalmente de los recipientes esféricos. Las capacidades y presiones utilizadas varían grandemente. Para los recipientes mayores el rango de capacidad es de 1000 hasta 25000 Psi (70.31 - 1757.75 Kg/cm<sup>2</sup>) Y de 10 hasta 200 Psi (0.7031 - 14.06 Kg/cm<sup>2</sup>) para los recipientes menores.

Cuando una masa dada de gas está almacenada bajo la presión es obvio que el volumen de almacenamiento requerido será inversamente proporcional a la presión de almacenamiento.

En general cuando para una masa dada, el recipiente esférico es más económico para grandes volúmenes y bajas presiones de operación. A presiones altas de operación de almacenamiento, el volumen de gas es reducido y por lo tanto en tipo de recipientes cilíndricos es más económico.

- **REGLAMENTACIÓN COLOMBIANA PARA LA INSTALACIÓN DE CALENTADORES SOLARES**

### **NTC 3507, INSTALACIÓN DE SISTEMAS DOMÉSTICOS DE AGUA CALIENTE QUE FUNCIONAN CON ENERGÍA SOLAR (17/3/1993)**

Esta norma establece los requisitos mínimos que se deben cumplir para la instalación de sistemas de calentamiento de agua que funcionan con energía solar, aplicables a sistemas domésticos autónomos, para el suministro de agua caliente en edificios residenciales. La norma comienza por establecer que un sistema foto colector aceptable debe cumplir con lo establecido en la norma NTC 2631. Seguidamente la norma establece los criterios de responsabilidad para quien instale estos sistemas, los permisos necesarios, el acceso para mantenimiento, el alambrado eléctrico (según la norma NTC 2050), el equipo auxiliar y las características estructurales.

### **NTC 5434, PARTE 1 Y 2. COLECTORES SOLARES (14/9/2011)**

Esta norma especifica los requisitos de durabilidad (incluyendo resistencia mecánica), confiabilidad y seguridad de los colectores solares para calentamiento de líquidos. Además, incluye las disposiciones para la evaluación de conformidad de dichos requisitos.

### **NTC 2960, EVALUACIÓN DE MATERIALES PARA CUBIERTAS DE COLECTORES SOLARES DE PLACA PLANA (1991)**

Esta norma describe el método de evaluación para los materiales empleados en las cubiertas de los colectores solares de placa plana. Incluye los procedimientos para la medición de las principales propiedades de los materiales y para la valoración de la duración de las cubiertas de los colectores solares. Sin embargo, esta norma fue anulada el 22 de septiembre de 2006.

## **GTC 108, ESPECIFICACIONES PARA SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR, DESTINADA AL USO DOMÉSTICO (22/03/2004)**

Esta norma establece algunas líneas de acción a tener en cuenta respecto a las especificaciones y características técnicas en el proceso de selección, instalación y mantenimiento de sistemas solares térmicos (SST) que se emplean en el calentamiento de agua, utilizados a nivel residencial.

### **4 JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo se realiza con el propósito de finalizar el trabajo hecho con los prototipos de calentador solar ACS construidos por el grupo de investigación GIEAUD con el fin de que en un futuro proyecto puedan ser estudiados, posiblemente patentados y comercializados.

### **5 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el tanque de almacenamiento para el calentador solar con mejor rendimiento construido por los estudiantes del semillero SEA y el grupo de investigación GIEAUD basados en la norma ASME sección VIII división 1 tomo 1. Recipientes a presión.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar cuál es el calentador solar con mejor rendimiento de los existentes construidos por los estudiantes del semillero de investigación SEA y del grupo GIEAUD.
- Escoger el aislante térmico con mejor rendimiento para el diseño del tanque entre papel corrugado, cartón y poliestireno expandido.
- Realizar la simulación del comportamiento térmico del tanque de almacenamiento mediante el software ANSYS. Analizando cual es el tipo de aislante con mejor comportamiento y cual es el espesor del mismo más



apropiado para su construcción durante un lapso de 14 horas en las que comprende el periodo en el cual no hay radiación.

- Construir y Evaluar el funcionamiento del tanque en el banco de pruebas ubicado en la Facultad Tecnológica.
- Realizar el montaje del tanque al calentador solar y poner en funcionamiento.
- Elaborar un artículo del resultado de la investigación para una revista indexada.

## **6 MARCO TEÓRICO**

### **¿Qué es (ACS)?**

El Agua caliente sanitaria (ACS), es agua destinada al consumo humano (potable) que ha sido calentada. Se utiliza para uso sanitario humano (baños, duchas, etc.) y para otros usos de limpieza (fregado de platos, lavadora, lava-vajillas, fregado de suelos). El ACS puede prepararse de dos modos diferentes; por acumulación y por calentamiento "instantáneo".

### **Calentador solar**

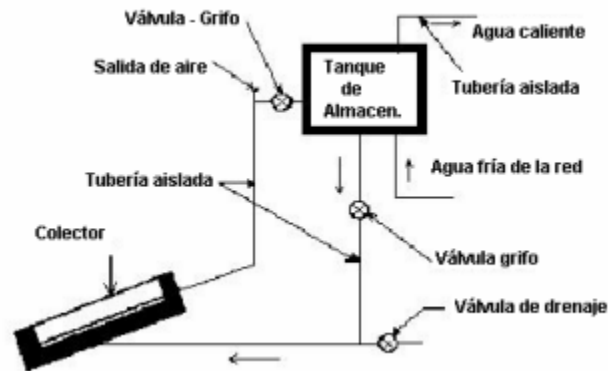
Si se piensa en la conservación del medio ambiente, seguro se implementaría en los hogares calentadores solares que son dispositivos que utilizan el calor del Sol para calentar alguna sustancia, que puede ser agua, aceite, salmuera, glicol o incluso el aire.

Pero debido a la escasa difusión de los beneficios económicos y ambientales de los calentadores solares, éstos no se utilizan de manera masiva. Los calentadores solares son sencillos, resistentes y pueden llegar a tener una vida útil de 20 años o más con poco mantenimiento; así mismo, pueden disminuir el consumo energético utilizado para calentar agua en un hogar, esta disminución es de por lo menos 50 %, llegando incluso hasta 100% si se sustituye completamente la energía eléctrica o el gas en un hogar, lo que representa un gran ahorro de dinero respecto a la inversión inicial<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Schallenberg Rodríguez, Julieta (2008). Energías renovables y eficiencia energética. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias S.A, p. 54.

Los calentadores solares se dividen en dos tipos de acuerdo a su funcionamiento:



*Fig. 1 Esquema funcional de un calentador solar.*

## **Contenedor de ACS**

Es el recipiente de almacenamiento del Agua Caliente Sanitaria. Se conecta con la entrada y la salida del colector. Durante el día, el agua se recircula una y otra vez entre el colector y el contenedor. Después de un tiempo y dependiendo de las dimensiones de los componentes, el agua se calienta para su uso posterior. La energía capturada en el colector se guarda en el tanque, o contenedor, en forma de agua caliente. En el momento de requerir agua, se extrae del tanque por la parte superior, y se rellena con agua fría. El tanque debe estar aislado térmicamente para evitar pérdidas y mantener caliente el agua por más tiempo. En un sistema doméstico, el contenedor suele incorporar un calentador eléctrico de apoyo, que se activa en caso de no alcanzar la temperatura deseada.

## **Efecto termosifón**

El efecto Termosifón es un movimiento térmico circular en el cual, entre mayor sea la diferencia de temperatura entre el agua que hay en el colector y el agua almacenada en el tanque, más rápido fluye el agua a través del circuito. Al observar la siguiente figura se puede entender de mejor manera el efecto termosifón.

A medida que el sol calienta el colector, el agua almacenada aumenta su temperatura, disminuye su peso específico, se dilata, y se vuelve más ligera; de este modo tiende a subir hasta la parte superior del tanque, mientras que el agua fría, que es más pesada, pasa a la parte baja del colector donde comienza a

calentarse. La circulación del agua es totalmente natural por lo que no se requiere de una bomba circuladora.

### **Aislante térmico**

Es un material usado en la construcción y en la industria, caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que el calor traspase los separadores del sistema que interesa (como una vivienda o una nevera) con el ambiente que lo rodea.

En general, todos los materiales ofrecen resistencia al paso del calor, es decir, son aislantes térmicos. La diferencia es que de los que se trata tienen una resistencia muy grande, de modo, que espesores pequeños de material presentan una resistencia suficiente al uso que quiere dársele. El nombre más correcto de estos sería aislante térmico específico. Se considera que son aislantes térmicos específicos aquellos que tienen una conductividad térmica,  $\lambda < 0,08 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ .

Uno de los mejores aislantes térmicos es el vacío, en el que el calor sólo se transmite por radiación, pero debido a la gran dificultad para obtener y mantener condiciones de vacío se emplea en muy pocas ocasiones. En la práctica se utiliza mayoritariamente aire con baja humedad, que impide el paso del calor por conducción, gracias a su baja conductividad térmica, y por radiación, gracias a un bajo coeficiente de absorción.

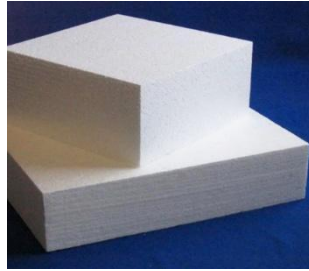
### **Poliestireno expandido**

El material de espuma de poliestireno es un aislante derivado del petróleo y del gas natural, de los que se obtiene el polímero plástico estireno en forma de gránulos. Para construir un bloque se incorpora en un recipiente metálico una cierta cantidad del material que tiene relación con la densidad final del mismo y se inyecta vapor de agua que expande los gránulos hasta formar el bloque. Este se corta en placas del espesor deseado para su comercialización mediante un alambre metálico caliente.

Debido a su combustibilidad se le incorporan retardantes de llama, y se le denomina Difícilmente Inflamable.

- Posee un buen comportamiento térmico en densidades que van de  $12 \text{ kg/m}^3$  a  $30 \text{ kg/m}^3$

- Tiene un coeficiente de conductividad de 0,034 a 0,045 W/(m·K), que depende de la densidad (por regla general, a mayor densidad menor coeficiente de conductividad)
- $\mu$  de 140 a 250 MN·s/g·m según densidad Es fácilmente atacable por la radiación ultravioleta por lo cual se debe proteger de la luz del sol
- Posee una alta resistencia a la absorción de agua
- No forma llama ya que al quemarse se sublima
- Coeficiente de conductividad térmica: 0,040 a 0,045 W/(m·K)



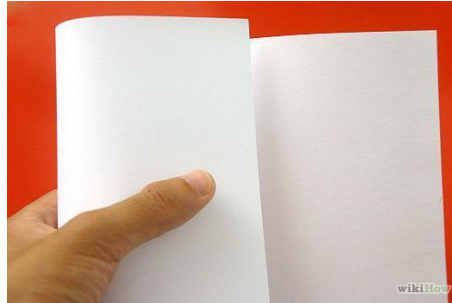
*Fig.4 poliestireno expandido*

## **Papel corrugado**

Es un material constituido por una delgada lámina elaborada a partir de pulpa celulosa y fibras naturales. Para su fabricación requiere de una propiedades especiales como alto contenido de celulosa la cual tiene un costo bajo y es de fácil obtención.

Propiedades:

- Alta capacidad de absorción de agua
- Rígido.
- Estabilidad dimensional.
- Coeficiente de conductividad térmica: 0,12 W/(m·K)



*Fig. 5 Papel corrugado*

## **Cartón**

El cartón es un material formado por varias capas de papel superpuestas, a base de fibra virgen o de papel reciclado. El cartón es más grueso, duro y resistente que el papel.

Algunos tipos de cartón son usados para fabricar embalajes y envases, básicamente cajas de diversos tipos. La capa superior puede recibir un acabado diferente llamado que le confiere mayor vistosidad.

- Coeficiente de conductividad térmica:  $0.0008-0.001W/(cm \cdot c)$
- Resistividad  $1000-1300 \text{ } ^\circ c \text{ cm}/W$



*Fig. 5 cartones*

## **Norma ASME sección VIII recipientes a presión**

### **TIPOS DE RECIPIENTES**

Existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos. Algunos de estos tienen la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen de algún proceso, este tipo de recipientes son llamados en general tanques. Los diferentes tipos de recipientes que existen, se clasifican de la siguiente manera:

#### **POR SU USO:**

Los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de procesos.

Los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión y de acuerdo con sus servicios son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores, etc.

#### **POR SU FORMA:**

Los recipientes a presión pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros son horizontales o verticales y pueden tener en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según sea el caso.

Los esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes esféricos a altas presiones. Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna esta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión sin embargo en la fabricación de estos es mucho más cara a comparación de los recipientes cilíndricos.

Los tipos más comunes de recipientes pueden ser clasificados de acuerdo a su geometría como:

## 1.- Recipientes Abiertos.

### 1. Tanques Abiertos.

## 2.- Recipientes Cerrados.

### 2.1 Tanques cilíndricos verticales, fondo plano.

### 2.2 Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas.

### 2.3 Recipientes esféricos.

Indicaremos algunas de las generalidades en el uso de los tipos más comunes de recipientes:

- **RECIPIENTES ABIERTOS:** Los recipientes abiertos son comúnmente utilizados como tanque igualador o de oscilación como tinajas para dosificar operaciones donde los materiales pueden ser decantados como: desecadores, reactores químicos, depósitos, etc.  
Obviamente este tipo de recipiente es más que el recipiente cerrado de una misma capacidad y construcción. La decisión de que un recipiente abierto o cerrado es usado dependerá del fluido a ser manejado y de la operación. Estos recipientes son fabricados de acero, cartón, concreto.... Sin embargo en los procesos industriales son construidos de acero por su bajo costo inicial y fácil fabricación.
- **RECIPIENTES CERRADOS:** Fluidos combustibles o tóxicos o gases finos deben ser almacenados en recipientes cerrados. Sustancias químicas peligrosas, tales como ácidos o sosa cáustica son menos peligrosas si son almacenadas en recipientes cerrados.
- **TANQUES CILINDRICOS DE FONDO PLANO:** El diseño en el tanque cilíndrico vertical operando a la presión atmosférica, es el tanque cilíndrico con un techo cónico y un fondo plano descansando directamente en una cimentación compuesta de arena, grava o piedra triturada. En los casos donde se desea usar una alimentación de gravedad, el tanque es levantado arriba del terreno y el fondo plano debe ser incorporado por columnas y vigas de acero.

- **RECIPIENTES CILINDRICOS HORIZONTALES Y VERTICALES CON CABEZAS FORMADAS:** Son usados cuando la presión de vapor del líquido manejado puede determinar un diseño más resistente. Varios códigos han sido desarrollados o por medio de los esfuerzos del API y el ASME para gobernar el diseño de tales recipientes. Una gran variedad de cabezas formadas son usadas para cerrar los extremos de los recipientes cilíndricos. Las cabezas formadas incluyen la semiesférica, elíptica, toriesférica, cabeza estándar común y toricoidal. Para propósitos especiales de placas planas son usadas para cerrar un recipiente abierto. Sin embargo las cabezas planas son raramente usadas en recipientes grandes.
- **RECIPIENTES ESFERICOS:** El almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones materiales son normalmente de los recipientes esféricos. Las capacidades y presiones utilizadas varían grandemente. Para los recipientes mayores el rango de capacidad es de 1000 hasta 25000 Psi (70.31 - 1757.75 Kg/cm<sup>2</sup>). Y de 10 hasta 200 Psi (0.7031 - 14.06 Kg/cm<sup>2</sup>) para los recipientes menores.

Cuando una masa dada de gas esta almacenada bajo la presión es obvio que el volumen de almacenamiento requerido será inversamente proporcional a la presión de almacenamiento.

En general cuando para una masa dada, el recipiente esférico es más económico para grandes volúmenes y bajas presiones de operación. A presiones altas de operación de almacenamiento, el volumen de gas es reducido y por lo tanto en tipo de recipientes cilíndricos es más económico.

## **TIPOS DE TAPAS DE RECIPIENTES BAJO PRESION INTERNA**

Los recipientes sometidos a presión pueden estar contruidos por diferentes tipos de tapas o cabezas. Cada una de estas es más recomendable a ciertas condiciones de operación y costo monetario.

### **TAPAS PLANAS:**

Se utilizan para recipientes sujetos a presión atmosférica, generalmente, aunque en algunos casos se usan también en recipientes a presión. Su costo entre las tapas es el más bajo. Se utilizan también como fondos de tanques de almacenamiento de grandes dimensiones.



**TAPAS TORIESFERICAS:**

Son las de mayor aceptación en la industria, debido a su bajo costo y a que soportan grandes presiones manométricas, su característica principal es que el radio del abombado es aproximadamente igual al diámetro. Se pueden fabricar en diámetros desde 0.3 hasta 6 mts. (11.8 - 236.22 pulgs.).

**TAPAS SEMIELIPTICAS:**

Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las toriesféricas. El proceso de fabricación de estas tapas es troquelado, su silueta describe una elipse relación 2:1, su costo es alto y en México se fabrican hasta un diámetro máximo de 3 mts.

**TAPAS SEMIESFERICAS:**

Utilizadas exclusivamente para soportar presiones críticas, como su nombre lo indica, su silueta describe una media circunferencia perfecta, su costo es alto y no hay límite dimensional para su fabricación.

**TAPA 80:10:**

Ya que en México no se cuentan con prensas lo suficientemente grande, para troquelar tapas semielípticas 2:1 de dimensiones relativamente grandes, hemos optado por fabricar este tipo de tapas, cuyas características principales son: El radio de abombado es el 80% de diámetro y el radio de esquina o de nudillos es igual al 10% del diámetro. Estas tapas las utilizamos como equivalentes a la semielíptica 2:1.

**TAPAS CONICAS:**

Se utilizan generalmente en fondos donde pudiese haber acumulación de sólidos y como transiciones en cambios de diámetro de recipientes cilíndricos. Su uso es muy común en torres fraccionadoras o de destilación, no hay límites en cuanto a dimensiones para su fabricación y su única limitación consiste en que el ángulo de vértice no deberá de ser calculado como tapa plana.

**TAPAS TORICONICAS:**

A diferencia de las tapas cónicas, este tipo de tapas tienen en su diámetro, mayor radio de transición que no deberá ser menor al 6% del diámetro mayor ó 3 veces el espesor. Tiene las mismas restricciones que las cónicas a excepción de que en México no se pueden fabricar con un diámetro mayor de 6 mas.

#### **TAPAS PLANAS CON CEJA:**

Estas tapas se utilizan generalmente para presión atmosférica, su costo es relativamente bajo, y tienen un límite dimensional de 6 mts. De diámetro máximo.

#### **TAPAS ÚNICAMENTE ABOMBADAS:**

Son empleadas en recipientes a presión manométrica relativamente baja, su costo puede considerarse bajo, sin embargo, si se usan para soportar presiones relativamente altas, será necesario analizar la concentración de esfuerzos generada, al efectuar un cambio brusco de dirección.

### **CRITERIOS DE DISEÑO**

#### **MATERIALES PARA RECIPIENTES A PRESION**

#### **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 máquinables. 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-283 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas sobre 650°F; el SA-285 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas que excedan de 900°F, y el SA-212 tiene muchos esfuerzos permisibles bajos en las temperaturas más altas, por lo que el acero para temperaturas entre 650 y 1000°F. 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.

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 para la selección de estos.

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.

## **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. Ver tabla USC-23.

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, etc.

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

### **ACEROS AL CARBON**

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

### **ACEROS DE BAJA ALEACION**

Como su nombre lo indica, estos aceros contienen bajos porcentajes de elementos de aleación como níquel, cromo, etc. 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.

En la tabla 3.1 se puede observar los aceros recomendados para los rangos de temperatura más usuales.

### **ACEROS DE ALTA ALEACION**

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.

### **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.

### **PROPIEDADES QUE DEBEN TENER LOS MATERIALES PARA SATISFACER LAS CONDICIONES DE SERVICIO**

## **PROPIEDADES MECANICAS.**

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.

## **PROPIEDADES FISICAS.**

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

## **PROPIEDADES QUIMICAS.**

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:

1. Reposición del equipo corroído. Un material que no sea resistente al ataque corrosivo puede corroerse en poco tiempo de servicio.
2. 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.
3. Mantenimiento preventivo. Para proteger los equipos del medio corrosivo es necesario usar pinturas protectoras.
4. 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.
5. 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.

## **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.

## **ACEROS RECOMENDABLES PARA DIFERENTES TEMPERATURAS CONCEPTO DE ESFUERZO ADMISIBLE**

### **ESFUERZOS ADMISIBLES**

Son los grados de exactitud con los cuales las cargas pueden ser estimadas, la confiabilidad de los esfuerzos estimados para estas cargas, la uniformidad del material, el peligro a la falla ocurre y en otras consideraciones como:

Esfuerzos locales con concentración de esfuerzos, fatiga y corrosión.

Para materiales que sean sometidos a temperaturas inferiores al rango de termofluencia los esfuerzos admisibles se pueden considerar con el 25% de la resistencia a la tensión o el 62.5% de la resistencia a la cedencia a la temperatura de operación. Los materiales usados para anclaje en el rango de temperatura de -20 a 400°F (-28.88 a 204.44°C) se considera que es un 20% de la resistencia a la cedencia.

El porcentaje de resistencia a la cedencia usando como esfuerzo admisible es controlado por un número de factores tales como la exactitud con la cual la carga de confiabilidad de los esfuerzos con frecuencia se usa un esfuerzo admisible para aceros estructurales.

### **FILOSOFÍA DE DISEÑO**

En general los recipientes a presión diseñados de acuerdo con el código ASME Secc. VIII Div. 1. son diseñados por reglas que no requieren una evaluación

detallada de todos los esfuerzos. Se reconoce que existen esfuerzos secundarios elevados flexionantes pero al admitir un factor elevado de seguridad y las reglas del diseño, estos esfuerzos serán compensados como regla general cuando se realiza un análisis mas detallado de esfuerzos permiten considerar esfuerzos admisibles mayores en lugar de usar un factor de seguridad elevado como el utilizado en el código. Un factor de seguridad elevado refleja una falta de conocimiento de los esfuerzos reales.

El diseñador debe de familiarizarse con los diversos tipos de esfuerzos y cargas para lograr un diseño económico y seguro.

## **7 METODOLOGÍA**

- Determinar cuál es el calentador solar con mejor rendimiento de los existentes construidos por los estudiantes del semillero de investigación SEA y del grupo GIEAUD.

Teniendo en cuenta que en el semillero de investigación se realizaron 6 tipos diferentes de calentadores solares variando su disposición (serie y paralelo), el tipo de material del captador (envases PET translucidos y opacos) y el tipo de tubería empleada (CPVC y galvanizada), se realiza una comparación entre estos para determinar cuál es que presenta mejor rendimiento respecto a la temperatura a la salida del colector con base a los resultados obtenidos bibliográficamente.

- Escoger el aislante térmico con mejor rendimiento para el diseño del tanque entre papel corrugado, cartón y poliestireno expandido.

Teniendo en cuenta el coeficiente conducción térmica de cada uno de los materiales mencionados, se escoge el espesor adecuado para una caída de temperatura admisible conducción para pasar a realizar los cálculos de diseño.

- Realizar la simulación del comportamiento térmico del tanque de almacenamiento mediante el software ANSYS.

Teniendo los cálculos realizados pasamos a realizar la simulación del comportamiento del tanque mediante el software ANSYS en el cual miraremos los puntos o ares donde pueden haber perdidas de calor admisibles y presiones críticas.

- Construir y Evaluar el funcionamiento del sistema en el banco de pruebas ubicado en la Facultad Tecnológica.

Una vez realizada la memoria de cálculos, se procede a la construcción del tanque para ser evaluado con un colector solar ubicado en la Facultad Tecnológica realizando pruebas de temperatura, presión y estanqueidad.

- Realizar el montaje del tanque al calentador solar y poner en funcionamiento.

Terminadas las pruebas, se procede a realizar el respectivo montaje del tanque en el calentador solar escogido inicialmente y a dejar en funcionamiento para la universidad.

- Elaboración del documento

Durante todo el desarrollo del proyecto se va consignando y dejando evidencia del cumplimiento de cada objetivo específico estipulado en el anteproyecto. Luego se evidencia la investigación en un artículo científico para posteriormente ser publicado en una revista indexada.

## 8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>																	
<b>DURACIÓN (semanas)</b>	<b>Mes 1</b>				<b>Mes 2</b>				<b>Mes 3</b>				<b>Mes 4</b>				
	<b>ACTIVIDAD</b>																
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Determinar cuál es el calentador solar con mejor rendimiento de los existentes construidos por los estudiantes del semillero de investigación SEA y del grupo GIEAUD.																	
Escoger el aislante térmico con mejor rendimiento para el diseño del tanque entre papel corrugado, cartón y poliestireno expandido.																	
Realizar los cálculos de diseño para el tanque bajo la norma ASME																	
Realizar la simulación del comportamiento térmico del tanque de almacenamiento mediante el software ANSYS.																	





## 10 REFERENCIAS

[1] Úbeda Casas, José (2008). Educaciones medioambiental. Alicante: Editorial Club Universitario, p. 165.

[2] Schallenberg Rodríguez, Julieta (2008). Energías renovables y eficiencia energética. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias S.A, p. 54.

[3] Formulación de un programa básico de normalización para aplicaciones de energías alternativas y difusión. UPME. Bogotá. Marzo 2003.

<http://www.grupoalmont.com.mx/es/tanques/130-tanque-vertical-para-almacenamiento-de-agua-caliente.html>

[4] ASME Section VIII div. 1- Pressure Vessels. Edmonton, Alberta. Canada. Third Edition. 2001