

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

**“DISEÑO DE UN TANQUE VERTICAL PARA
ALMACENAMIENTO DE AGUA CALIENTE”**

TESIS DE GRADO
Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

JUAN VASCONES VILLAMAR

GUAYAQUIL - ECUADOR
1996

RESUMEN

Una compañía de Cervezas necesita construir un tanque de almacenamiento de 400 m³ para agua caliente proveniente de una parte de su proceso para ser utilizado en otro proceso complementario para lo cual requiere del diseño y selección de la mejor alternativa para proceder a su ejecución.

Como historia posee un tanque que se construyó en el pasado que tiene una altura de 12 metros el mismo que a los 4 años de funcionamiento comenzó a presentar problemas de fugas por lo cual hubo que repararlo y continuamente se le debe dar mantenimiento estructural.

El proyecto contempla la selección de la mejor alternativa que se adapte a las condiciones del terreno donde será construido debe ser vertical y no horizontal por preferencias del cliente, se debe encontrar la mejor alternativa en cuanto a diámetro y altura que permita un ahorro de material en su construcción y que su construcción sea estable y que su tiempo de vida útil sea mayor a 5 años.

Como solución al proyecto se encontraron algunas alternativas de solución la primera por supuesto era la reparación del tanque existente, la segunda la compra de un tanque construido en el exterior, la tercera la compra de un tanque construido por un proveedor local y la última que es el diseño del tanque, la compra e importación de los materiales y la contratación de mano de obra local para su construcción.

Haciendo un análisis económico de los costos involucrados en el proyecto como lo muestra el capítulo 1 se encontró que la alternativa más viable económicamente era la tercera, y una vez seleccionada la alternativa básica proceder a realizar el diseño para luego proceder a la contratación de la compañía calificada que se encargue de su construcción mecánica y civil.

Para seleccionar la mejor alternativa técnico económica se realizara una tabla con las diferentes dimensiones de tanques en cuanto a diámetro y altura que pueden cumplir con el almacenamiento de por lo menos 400 m³ de agua en su interior, encontrándose que la mejor alternativa es la de un tanque de 7.32 metros de diámetro y 8.54 metros de altura que tendrán una capacidad de 419 .63 m³, tal como lo demostraremos en el capítulo 3.

Para seleccionar el dimensionamiento del tanque tendremos en cuenta lo que es consumo de material, y que se ajuste al máximo de dimensiones que posee el terreno, según el dimensionamiento del tanque la cantidad de planchas a utilizar en el cuerpo del tanque es de 66 planchas, la segunda alternativa era la de un diámetro menor con una altura mayor que consume 70 planchas 4 planchas más que la alternativa seleccionada y con la agravante que al tener un nivel más de altura el espesor de las planchas se incrementarían en el primer y segundo anillo lo que provocaría que el proyecto se encarezca.

Con las dimensiones seleccionadas procederemos a calcular la estructura del tanque con la capacidad seleccionada y las fuerzas a las cuales serán sometidas las estructuras, como lo calcularemos en el capítulo 3.

Una vez diseñado el tanque se procederá a la ejecución del proyecto y los detalles de construcción que se encuentran en el capítulo 4.

Como conclusión se encontrara que siempre un diseño parte de los requerimientos del cliente y debe ser ajustado debido a condicionamientos preestablecidos como son espacio físico, análisis económicos y al final el criterio del diseñador para seleccionar la mejor alternativa que cumpla con los requerimientos Técnicos y supere las expectativas del cliente.

INTRODUCCION

El presente proyecto contempla la selección de la mejor alternativa que se adapte a las condiciones de la construcción de un tanque de almacenamiento de 400 m³ para contener agua caliente de una compañía de cervezas y que debe reemplazar a uno existente que esta en mal estado por fallas estructurales.

Recibimos el encargo de encontrar la mejor alternativa en relación a las dimensiones de diámetro y altura que permitan el mayor ahorro de material en la construcción teniendo además otra restricción que era la disponibilidad de área de terreno para asentamiento de tanque.

Para resolver el problema se estudiaron 4 alternativa: la primera se consideró la reparación del tanque existente; la segunda, la compra de un tanque construido en el exterior; la tercera, la compra de un tanque construido por un proveedor local y la ultima que es el diseño del tanque, la compra e importación de los materiales y la contratación de mano de obra local para su construcción.

Haciendo un análisis económico de los costos involucrados en el proyecto se encontró que la alternativa más viable económicamente es la última, y una vez seleccionada se procedió a realizar el diseño y posteriormente a seleccionar una compañía constructora calificada que se encargue de la ejecución de la obra en sus partes civil y mecánica.

Para seleccionar el dimensionamiento del tanque tendremos en cuenta primero el espacio físico disponible para la base que es de 9.60 metros de diámetro, y se siguió un método iterativo con el menor consumo de material basado en las medidas modulares de las planchas de acero inoxidable SAE 304L de 1.22 x 2.44 m y el resultado fue el de un tanque con 8.54 m de diámetro y 7.32 m de altura

Con las dimensiones seleccionadas procederemos a calcular la estructura del tanque con 416 m³ y entonces se realizaron los análisis de esfuerzos para encontrar los espesores de material a utilizar y su posterior construcción.

ÍNDICE

RESUMEN

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

SIMBOLOGÍA

ANTECEDENTES

CAPITULO 1.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

- 1.1 Descripción del proceso.
- 1.2 Definición del problema.
- 1.3 Limitaciones y requerimientos.

CAPITULO 2.- ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

- 2.1 Reparación del tanque existente.
- 2.2 Comprar tanque construido en el exterior.
- 2.3 Comprar tanque localmente.
- 2.4 Importar materiales y contratar mano de obra local.

CAPITULO 3.- DISEÑO ESTRUCTURAL.

- 3.1 Análisis de suelos.
- 3.2 Dimensionamiento del tanque.
- 3.3 Análisis estructural de la Cimentación.
- 3.4 Análisis estructural del tanque.
- 3.5 Sistema Hidráulico.
- 3.6 Especificaciones de soldadura.
- 3.7 Especificaciones de Aislamiento.
- 3.8 Protección del tanque.
- 3.9 Acceso y seguridades.
- 3.10 Circuito eléctrico.

CAPITULO 4.- CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE.

- 4.1 Construcción Civil.
- 4.2 Construcción Mecánica.
- 4.3 Construcción Hidráulica.
- 4.4 Construcción Eléctrica.
- 4.5 Instalación del Aislamiento.
- 4.6 Ensayos no destructivos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1.- Planos Civiles

ANEXO 2.- Planos Mecánicos

ANEXO 3.- Circuito de control eléctrico

ANEXO 4.- Bases para contratación de la mano de obra.

CAPITULO 1.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la planta.

La empresa donde se realizara el proyecto es la Compañía de Cervezas Nacionales ubicada en el Km 14 via a Daule.

La producción de cerveza posee 3 grandes fases identificables que son: el cocimiento, el embotellado y el pasteurizado.

El cocimiento es donde se procesa la materia prima para convertirla en el producto que se utilizara en el proceso de envasado que se lo realiza en el area de embotellado donde posteriormente pasara a la seccion de pasteurizado para lograr la remocion de bacterias en el interior del producto una vez culminado su proceso.

El proceso se lo realiza en forma continua por lo cual es necesario poseer el suficiente almacenamiento de modo que no entorpezca el sistema de envasado y posterior distribución del producto.

Para efectuar el cocimiento es necesario utilizar grandes cantidades de agua, si logramos precalentar el agua antes de entrar en el proceso de cocimiento ahorraremos combustible en el proceso.

1.2 Flujiograma del proceso

En un intercambiador de calor de placas o de cascada que utiliza como refrigerante amoníaco líquido, el agua blanda que ingresa a temperatura ambiente alrededor de 24°C y reduce su temperatura a 3°C, luego es almacenada en un tanque vertical aislado donde se conserva para luego ser utilizada en el proceso de enfriamiento del mosto, el tanque tiene una capacidad de almacenaje de 300 m³, el proceso de enfriamiento del agua se lo realiza en forma continua durante las 24 horas del día.

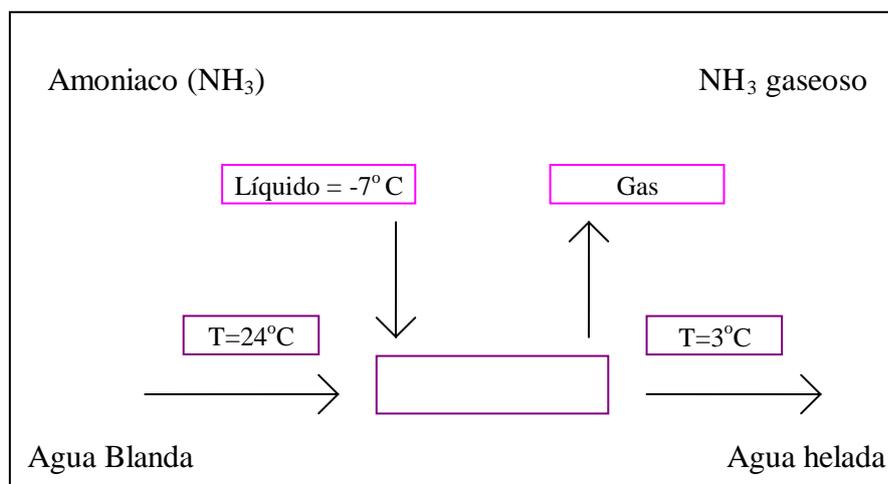


Figura 1: Diagrama esquemático del ciclo de enfriamiento del agua

El mosto es el resultado del cocimiento de la malta y cuya temperatura de salida del proceso de cocimiento es alrededor de unos 85°C, esta temperatura no permite la utilización del mismo, razón por la cual es necesario utilizar un intercambiador de calor para disminuir su temperatura.

En el proceso de enfriamiento de mosto se utiliza un intercambiador de calor con un sistema de placas o cortina en el cual ingresa agua helada aproximadamente a 3°C y sale a una temperatura de 75°C , el agua caliente proporcionada por el intercambiador de calor es bombeada para ser almacenada en un tanque vertical aislado de 326 m^3 , el mosto entra a una temperatura aproximada de 85°C , y sale a una temperatura de 12.5°C .

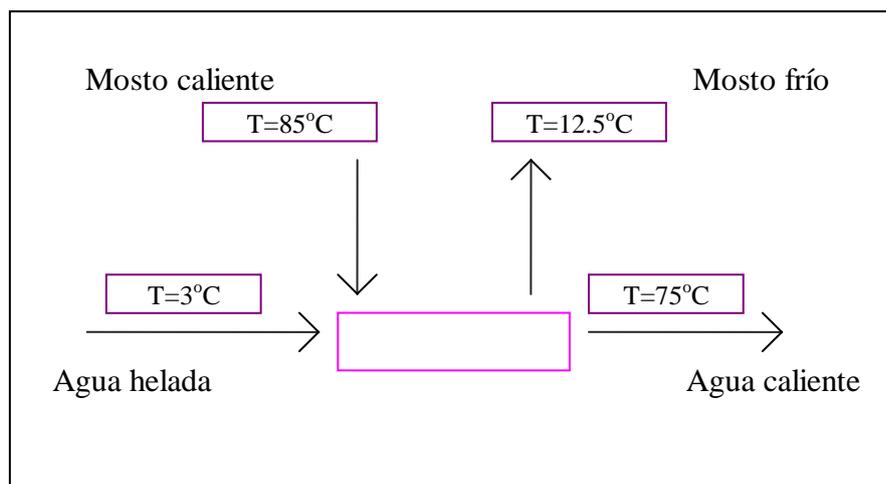


Figura 3: Diagrama esquemático ciclo enfriamiento del mosto

1.3 Requerimientos de agua caliente

El agua caliente servirá para ser utilizada en el cocimiento de la malta, el consumo de agua por cocimiento es de 120 m^3 y se produce en promedio 100 cocimientos mensuales, esto quiere decir un consumo de agua de 12.000 m^3 si consideramos que el metro cúbico de agua cuesta S/. 3.450 (Tres mil cuatrocientos cincuenta sucres), el costo mensual en consumo de agua solamente para el cocimiento es de S/.41'400.000, adicionalmente precalentar estos 12.000 m^3 de 24 grados a 70 grados costaría S/.65'000.000.

Para provocar este ahorro de energía se posee un tanque aislado que conserva el agua a la temperatura de 75°C , la misma que proviene del intercambiador de calor para enfriamiento del mosto.

La cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura del agua de 75 grados a 100 grados en un proceso que trabaja a presión constante la encontramos a continuación:

$$Q = m * C_p * (T_{\text{cal}} - T_{\text{fría}})$$

$$\text{Donde } C_p = 1.102 - (24.6/T^{1/2}) + (231/T) \quad [\text{Cal/Kg o K}]$$

$$m = 8 \text{ m}^3 / \text{min} * 980 \text{ Kg/m}^3 = 117.600 \text{ Kg/min}$$

La densidad del agua a 90 grados es 980 Kg/m^3

$$T_{\text{cal}} = 373 \text{ o K} \quad T_{\text{fría}} = 297 \text{ o K}$$

$$Q = 290.384 \text{ Cal/min} = 1.152 \text{ BTU/min}$$

Si el agua no proviniera del intercambiador de mosto la temperatura de entrada del agua sería 24°C , por tanto a esta cantidad de calor debemos añadirle el calor necesario para elevar la temperatura de 24 a 75°C ., utilizando la misma fórmula con estas dos temperaturas encontramos la cantidad de calor adicional a este proceso.

$$Q = 616.590 \text{ Cal/min} = 2.447 \text{ BTU/min}$$

El costo de producir esta cantidad de calor es el ahorro económico que se posee al mantener el agua almacenada en un tanque aislado y usar el agua caliente proveniente de otro proceso.

La capacidad que se determinó debido a las frecuencias de funcionamiento de las pailas y de la producción de agua caliente del enfriador de mosto, adicionalmente con el aumento de capacidad que poseerá la planta desde el año 1995 por la puesta en funcionamiento de una nueva línea es de 400 m^3 , con lo que se cubriría la demanda de cocimiento así como el desalojo de agua de el intercambiador de calor.

Actualmente se posee un sistema de calentamiento en caso de que la temperatura del agua sea inferior a la necesaria en el proceso, y además para garantizar la homogeneidad de la temperatura y que esta no se eleve más de lo necesario en el proceso existe una línea paralela (bypass) con agua a temperatura ambiente que se

puede mezclar antes de ingresar a las pailas en caso de necesitar bajar la temperatura del agua.

Con todas estas seguridades el sistema garantiza una temperatura homogénea en el proceso, lo que garantiza un buen control del proceso de cocimiento.

1.4 Evaluación de tanque instalado y nuevas opciones

El tanque vertical existente fue construido en acero inoxidable en el año 1984 y comenzó a funcionar el mismo año, el estilo de diseño que se escogió era un tanque con diámetro de 4 m y una altura de 20.4 m con aislamiento para mantener una temperatura de máximo 80 grados centígrados, con compuerta de acceso para limpieza y revisión interna (manhold), ingreso del agua por la parte inferior del tanque, rebose y tubería para drenaje.

En el año 1994 se decide reparar este tanque por los problemas que presentaba en su estructura metálica y aislamiento, la decisión debía contemplar el eventual desperdicio de agua proveniente del proceso de enfriamiento del mosto, la energía que se iba a consumir para calentar 12.000 m³ a una temperatura de 70°C para efectuar los cocimientos mensuales, y el costo adicional de esos 12.000 m³ en el consumo de agua.

Se comenzó a planificar su reparación, además se comenzó a estudiar la posibilidad de la construcción de un tanque nuevo cuyo diseño podrá ser horizontal o vertical, la capacidad de este tanque deberá ser de 400 m^3 , en cualquiera de los dos casos debe preverse la obra civil para la cimentación del tanque, los equipos hidráulicos, el sistema de aislamiento, y la interconexión con el sistema actual. Este estudio proporcionará los costos de construcción y el cronograma de trabajo para su ejecución.

Reparación del tanque existente.

La primera alternativa que se considera dentro del proyecto es la reparación del tanque vertical actual que se utiliza para almacenar el agua caliente proveniente del sistema de enfriamiento del mosto.

Fórmulas:

$$\text{Costo} = (\text{consumo/cocimiento}) \times (\# \text{ cocim.}) \times (\text{tiempo rep.}) \times (\text{valor } \text{m}^3)$$

$$\text{Tiempo de reparación} = 1 \text{ mes}$$

$$\text{Numero de cocimiento} = 100$$

$$\text{Consumo de agua/cocimiento} = 120$$

$$\text{Valor de } \text{m}^3 = \text{S/} 3450$$

Independientemente del material y la mano de obra necesaria para la reparación de un tanque este costo encarecerá cualquier intento de reparación del mismo.

Antes de iniciar las reparaciones es necesario considerar los problemas que ha atravesado este tanque durante su tiempo de vida útil:

Superficie del tanque.- El aislamiento del tanque comenzó a presentar problemas desde el año 1992 producto de la humedad que presentaba en las paredes exteriores.

Las paredes exteriores muestran grietas y provocaban fugas de agua del tanque, estas grietas eran reparadas con un proceso de soldadura utilizando electrodos de acero inoxidable AISI 308 L.

El análisis de estas grietas mostró que el problema básico era producto de un mal cálculo estructural de las paredes lo que provoco la fatiga del material y el aparecimiento de las grietas.

Esto nos indica que antes de pensar en la reparación del tanque debemos recalculer su estructura metálica lo cual utilizaremos los datos que se encuentran en el anexo I y que nos servirán para diseñar un tanque nuevo.

El primer problema con que nos encontramos es que la compañía que diseño originalmente el tanque cerró sus dependencias y no existe memoria de los cálculos, sin embargo a fines del año 1993 en que se realizó una reparación de emergencia

para poder continuar trabajando con el sistema se encontró que el espesor de plancha utilizada en los 4 primeros anillos era de 6 mm (1/4 ").

Con este espesor de las paredes del tanque se procederá al calcular los esfuerzos en las paredes y determinar si la estructura estuvo correctamente diseñada. Los resultados se encuentran en el anexo I.

Aislamiento.- Debemos considerar que el sistema estaba concebido para que eventualmente se almacene agua fría y luego se precaliente en un intercambiador de calor antes de ser alimentado a las pailas de cocimiento, esto prevé que si eventualmente se produjera un daño en el intercambiador de calor del mosto, el tanque puede ser alimentado con agua blanda a temperatura ambiente.

La calidad del aislamiento se vio afectada por el mal diseño de las paredes del tanque y debido a esto se debe realizar un cambio completo del mismo.

Luego de revisar los cálculos proporcionados en el anexo I y procediendo a cotizar los materiales necesarios para la reparación del tanque encontramos que el valor del material necesario para su reparación es de S/.100'000.000,00, se estima que la reparación durará unos 45 días y la mano de obra necesaria para esta reparación aproximadamente es de S/.98'000.000,00 dentro de este costo se considera la utilización de equipos y contratistas necesarios para efectuar la reparación.

Tabla I
Costos involucrados en la reparación

Descripción	
Consumo agua	41'400.000
Consumo energía (promedio histórico)	65'000.000
Materiales	100'000.000
Mano de obra	98'000.000
TOTAL	357'600.000

Comprar tanque construido en el exterior.

Para realizar esta compra se pensó en utilizar los servicios de un compañía colombiana dedicada a la construcción de tanque de almacenamiento para las compañías del mismo grupo de CCN.

Los parámetros básicos para efectuar su compra son:

- Capacidad del tanque: 400 m³
- Relación entre la altura y el diámetro (h/d) máximo: 2.5
- Temperatura máxima de almacenamiento del agua : 90° C
- Sistema hidráulico: 2 bombas en paralelo

- Sistema para control de nivel
- Sistema para sensor temperaturas
- Sistema de limpieza interior del tanque
- El tanque debe ser puesto en planta en las instalaciones de CCN

Tabla II

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> – El tiempo de construcción no altera el proceso actual de las pailas de cocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> – En caso de existir algún problema técnico el tiempo de respuesta será mucho mayor.
<ul style="list-style-type: none"> – Excelente tiempo de entrega debido a la facilidad de encontrar materiales a disponibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> – Elevado costo de flete. (Marítimo)
<ul style="list-style-type: none"> – Empresa con amplia experiencia en construcción de tanques. 	<ul style="list-style-type: none"> – Tramites aduaneros complicados. – Transporte del puerto a la planta muy complejo y caro. – Costo de instalación elevados.

El costo de instalación del tanque importado asciende a S/. 400'000.000,00 este costo es uno de los principales inconvenientes en la realización del proyecto sin embargo, nos servirá para la comparación respectiva de las demás propuestas.

Comprar tanque localmente.

Esta alternativa muestra similares inconvenientes que comprar el tanque en el exterior debido al volumen de construcción que tiene el mismo.

Generalmente la compañía que se dedica a la construcción de tanques realiza este trabajo en el mismo sitio de instalación, por tanto la diferencia en comprarlo y contratar la mano de obra es el costo de los materiales y la selección aleatoria de los espesores en las paredes del tanque.

Para evitar esta selección aleatoria de forma que cada contratista piense en el espesor del tanque debemos proporcionar nuestra propia forma de diseñar el tanque y entregar este proyecto para que sea revisado por cada uno de ellos.

Esto adiciona el costo del diseño del tanque al valor del proyecto.

- Las desventajas de la compra del tanque es el poco control que se tiene en los materiales utilizados en la construcción y el costo de cada uno de ellos.

Importar materiales y contratar mano de obra local.

Esta alternativa tiene la ventaja de poder desarrollar un proyecto sin ocasionar interrupciones en el proceso y contempla los siguientes aspectos:

1. Diseño de obra civil y cimentación del tanque
2. Diseño de la estructura metálica del tanque
3. Diseño del circuito hidráulico
4. Diseño del sistema eléctrico
5. Selección del aislamiento
6. Desarrollo del layout del sistema

La realización de este proyecto contempla 3 etapas que son: Diseño, Adquisición de materiales y Selección de mano de obra.

El diseño se lo realiza con la compañía Micaerinicorp s.a. proyecto, de la cual soy su Gerente General y personalmente realizo este.

El proyecto costará bajo esta alternativa aproximadamente S/. 300'000.000,00, y adicionalmente presenta ventajas como el control de los materiales a usar en el desarrollo del proyecto, la selección de los procesos de construcción adecuados a este tipo de obra.

El desarrollo del proyecto debe satisfacer todos los requerimientos expresados en el primer capítulo y adicionalmente aprovechar la construcción en paralelo con el trabajo del tanque actual.

VENTAJAS

1. Continuidad del proceso de producción de la malta.
2. Flexibilidad en la programación de la construcción.
3. Bajo costo del proyecto.
4. Interconexión del sistema en 2 horas lo que evita interrupciones del proceso.
5. Diseño flexible.
6. Fiscalización continua de proceso.
7. Selección y control de materiales adecuados a la construcción.
8. Menor tiempo de entrega de la obra.

DESVENTAJAS

1. Dependencia de otra compañía para el diseño del tanque.
2. Tiempo de adquisición de materiales (60 días).

1.5 Diseño estructural y especificaciones de aislamiento, protección seguridad y electricidad.

Características de construcción.- El tanque por el trabajo que va a brindar en forma continua los 365 días al año no es susceptible de mantenimiento por lo cual su construcción deberá contemplar esto como primer objetivo, en la selección de materiales, la localización lo encontraremos más adelante cuando se realice el análisis de suelos y los análisis respectivos para la cimentación.

El tanque estará sometido a continuos cambios térmicos y se deberá considerar su dilatación para su eventual expansión y contracción volumétrica.

El tanque debe poseer un diseño estable para estar sometido a las corrientes de viento que circulan libremente en el área seleccionada, y la evacuación de las lluvias en su techo de modo que no contamine el aislamiento que poseerá en su exterior.

La temperatura máxima de trabajo será de 90 °C.

La interconexión con el sistema actual se debe hacer de tal forma que no se produzca una paralización del proceso y además que funcionen en forma totalmente independiente ambos sistemas, proporcionando flexibilidad al proceso de modo en

que el momento que entre a trabajar cualquiera de los dos sistemas, no se vea afectada la operación de la planta.

El tanque diseñado debe contemplar un sistema hidráulico para efectuar la limpieza, y que nos ayude al eventual mantenimiento de las paredes metálicas.

El tanque no trabaja a presión por lo cual se debe construir con una tubería de rebose para evitar que exista presión en el interior del tanque, y adicionalmente debe canalizarse esta tubería para evitar que se produzca un derrame en el área.

El tanque debe tener un control de temperatura con termocuplas en tres sitios diferentes a lo largo de toda su altura, y sensores de nivel mínimo para evitar que la bomba trabaje en vacío.

El sistema contempla una compuerta de ingreso (manhold) para labores de limpieza del tanque cuando sea necesario, esta compuerta deberá estar a una altura adecuada para facilitar el ingreso al tanque.

Debe poseer una escalera con sus respectivas protecciones para subir al techo del tanque y realizar mantenimiento en el aislamiento cuando sea necesario.

El sistema tendrá una tubería de drenaje en la parte inferior del tanque que facilite la limpieza y desalojo de sedimentos en el interior.

El sistema debe poseer dos motobombas con arranque independiente para poder efectuar el mantenimiento de una de ellas en cualquier instante sin provocar interrupciones en el proceso.

Todos los procedimientos de soldadura empleados como el material deben cumplir las normas recomendadas más adelante para conseguir un buen acabado de la superficie.

Tiempo de ejecución del diseño.- Debido al tiempo que empleó la compañía que efectuó el primer análisis del diseño del tanque (60 días), el contrato debe contemplar un tiempo de desarrollo no mayor a 30 días, y además su presentación debe ser ante todos los ingenieros y directores de planta involucrados en el proceso.

En la presentación se tomarán todas las sugerencias y preguntas como parte de desarrollo del sistema, por lo cual deberán las respuestas estar sustentadas en el diseño o proporcionar las soluciones viables a las mismas, esto ampliaría la entrega del proyecto en 20 días calendario adicionales.

Es decir el proyecto tendrá dos etapas una de desarrollo de 30 días y otra de presentación de 24 días.

Tiempo para cotización y compra de materiales.- El proyecto tiene como parte fundamental la adquisición de materiales metálicos, eléctricos, y de aislamiento que en su gran mayoría son importados debido a que no se encuentran en el mercado local.

Las políticas de CCN contemplan dos etapas una la de solicitud de cotizaciones a los diferentes proveedores (mínimo 3), y la selección de la mejor oferta, este proceso debido al volumen y características de los materiales se tomará aproximadamente un mes de trabajo.

Una vez ya seleccionado el proveedor se considera que haciendo todos los trámites respectivos el material se entregará puesto en planta en un lapso no mayor a 90 días es decir 3 meses.

El total por tanto para el proceso de compra de materiales produce un tiempo de inactividad en la construcción de 4 meses.

Tiempo para cotización y selección de contratistas.- Debido al volumen del proyecto y a las características de la construcción se debe seleccionar a una compañía con la suficiente infraestructura que sea responsable de todo el proyecto es decir de la obra civil, construcción mecánica, hidráulica y eléctrica.

Se ha considerado que el proceso de invitación a los contratistas así como la presentación del proyecto y la selección de la mejor oferta tomaría un tiempo aproximadamente de 2 meses.

Esta invitación y selección de los contratistas se realizará simultáneamente con la adquisición de materiales de forma que la construcción del tanque se comience a realizar a fines del mes de Diciembre o a mas tardar la primera semana de Enero.

Tiempo de ejecución de la obra.- No debe ser mayor de tres meses (90 días calendario) de manera que se consiga que el sistema arranque y se pruebe en el mes de Abril, y se interconecte con el nuevo sistema en Mayo.

1.5 Diseño estructural y especificaciones de aislamiento, proteccion, seguridad y electricidad.

Para efectuar el dimensionamiento del tanque se debe considerar la capacidad que CCN necesita en almacenamiento de agua caliente, y esta es tal como se ha dicho en los capítulos anteriores de 400 m³.

En el lugar seleccionado, el espacio disponible nos crea limitaciones porque poseemos en terreno alrededor de 15.60 m. de ancho y 50 m. de largo. (Ver plano # 03050).

La construcción debe considerar que eventualmente ingresan plataformas o grúas para retirar materiales y efectuar reparaciones en las demás instalaciones de la planta, el espacio libre para poder maniobrar perfectamente es de 5m., la construcción debe estar separada de la vereda 1m., el espacio disponible entonces es de 9.60m. como máximo.

Esto quiere decir que las dimensiones deben ser de 9.60 m incluida la cimentación del tanque.

El terreno no esta a nivel por lo cual habrá que considerar la preparación del terreno antes de iniciar cualquier construcción.

El tercer punto que consideramos en la selección de las dimensiones del tanque es el de mantener una relación entre la altura y el diámetro inferior a 1.5 ($h/d < 1.5$).

Adicionalmente intentaremos escoger el diámetro de manera que se optimize la utilización de las planchas que formarán el cilindro del tanque, por lo cual la capacidad se ajustará al diseño utilizando una cantidad entera de planchas, para lograrlo realizaremos una tabla de los volúmenes en función de la cantidad de planchas utilizadas.

Dimensiones de la plancha = 2.44 x 1.22 [m]

Diámetro	=	Perímetro/(PHI)	[m]
Perímetro	=	2.44 x # de planchas	[m]
Altura	=	1.22 x # de planchas	[m]
Volumen	=	$\frac{1}{4} \times (\text{PHI}) \times (\text{Diámetro})^2 \times \text{Altura}$	[m ³]

En la tabla III se muestran los resultados, la primera fila es la cantidad de planchas utilizadas para la formación de cada anillo y la primera columna nos dice la cantidad de anillos necesarios, de esta forma podemos saber el volumen contenido por este tipo de construcción.

Como se muestra en la tabla III existen diversas soluciones las mismas que las agrupamos en la tabla IV, y seleccionamos aquella que cumpla con los requisitos de relación máxima $h/d < 1.5$, que utilice menor cantidad de material y que no sobrepase las dimensiones máximas disponibles de 9.60 m, consideraremos para todos que la cimentación ocupará 0.40 m adicionales al diámetro del tanque.

Tabla III
Volumen en tanques cilíndricos

	# Planchas	6	7	8	9	10	11	12
	DIAM. (m)	4.66	5.43	6.21	6.99	7.77	8.54	9.32
# Planchas	Altura	Vol. (m ³)						
1	1.22	20.81	28.32	36.99	46.82	57.80	69.94	83.23
2	2.44	41.62	56.64	73.98	93.64	115.60	139.88	166.46
3	3.66	62.42	84.97	110.98	140.45	173.40	209.82	249.70
4	4.88	83.23	113.29	147.97	187.27	231.20	279.75	332.93

5	6.10	104.04	141.61	184.96	234.09	289.00	349.69	416.16
6	7.32	124.85	169.93	221.95	280.91	346.80	419.63	499.39
7	8.54	145.66	198.25	258.95	327.73	404.60	489.57	582.63
8	9.76	166.46	226.58	295.94	374.55	462.40	559.51	665.86
9	10.98	187.27	254.90	332.93	421.36	520.20	629.45	749.09
10	12.2	208.08	283.22	369.92	468.18	578.00	699.38	832.32
11	13.42	228.89	311.54	406.91	515.00	635.80	769.32	915.56
12	14.64	249.70	339.87	443.91	561.82	693.60	839.26	998.79
13	15.86	270.51	368.19	480.90	608.64	751.40	909.20	1082.02
14	17.08	291.31	396.51	517.89	655.46	809.20	979.14	1165.25
15	18.3	312.12	424.83	554.88	702.27	867.00	1049.08	1248.49
16	19.52	332.93	453.15	591.87	749.09	924.80	1119.01	1331.72
17	20.74	353.74	481.48	628.87	795.91	982.60	1188.95	1414.95
18	21.96	374.55	509.80	665.86	842.73	1040.41	1258.89	1498.18
19	23.18	395.35	538.12	702.85	889.55	1098.21	1328.83	1581.42
20	24.4	416.16	566.44	739.84	936.36	1156.01	1398.77	1664.65

Tabla IV

Posibles soluciones

Ítem	Posición	Volumen	h/d	Panchas utilizadas	Selección	Dimensiones
1	(6,20)	416.16	5.24	120	no	si
2	(7,15)	424.83	3.37	105	no	si
3	(8,11)	406.91	2.16	88	no	si
4	(9,9)	421.36	1.57	81	no	si
5	(10,7)	404.66	1.10	70	si	si
6	(11,6)	419.63	0.86	66	si	si
7	(12,5)	416.60	0.65	60	si	no

El primer análisis muestra 2 posibles selecciones que son las # 5 y 6 debido a que a menor cantidad de planchas menor es el costo del tanque, la selección se limita entonces a el ítem # 6.

El tanque posee entonces las siguientes características:

Diámetro: 8.54 m.

Altura: 7.32 m.

Capacidad a rebose: 419.63 m³

El techo se lo realizará de manera que sea autoportado y el ángulo que utilizaremos será de 20°.

Análisis estructural de la cimentación.

El terreno escogido para la cimentación del tanque, es un suelo de muy buena característica portante, por ello se ha decidido utilizar este mismo material en el relleno, con la única particularidad de mejorar sus propiedades, compactándolo, para evitar algún tipo de asentamiento.

El esfuerzo al que va a estar sometido el suelo en la condición de carga es de 8 T/m². que es menor a las 50 T/m². que indica el estudio de suelos elaborado por Suelos y Concreto Cía. Ltda.

La viga de hormigón armado ha sido diseñada considerando la carga repartida que va a recibir de 8 T/m². diseñada a esfuerzos de torsión y corte, además se ha analizado en función de las normas de AISC y se ha considerado las resistencias del acero de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. para varillas con diámetro mayores a 10 mm., y $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$. para varillas de 8 mm. de diámetro; la resistencia de diseño para el hormigón es de 320 kg/cm².

El lecho de arena ubicado en la zona central de la cimentación, tiene como objeto lograr una mejor disipación de la carga del tanque al suelo, ya que el proceso

constructivo le da la característica de confinamiento de la arena, cosa que se logra para un mejor comportamiento del suelo. (Ver plano 1.1)

Pruebas de laboratorio.- Se realizarán las pruebas de Proctor Modificado, para comprobar que la compactación sea la requerida en las especificaciones.

Además se tomarán muestras del hormigón empleado para comprobar su resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días de hormigonado.

Este diseño de la cimentación del tanque fue realizado por el Ing. Civil Gabriel Pino con registro profesional 01-09-2390.

Análisis estructural del tanque

Para el análisis estructural del tanque nos ayudaremos con las siguientes fórmulas deducidas a partir del análisis realizado para compuertas sumergidas y la desarrollaremos para nuestro caso particular considerando la fuerza distribuida que ejerce la columna de agua del tanque en cada anillo. (Referencia # 1).

La fórmula se detalla a continuación:

$$F_R = \int_A p dA \quad (3.4.1)$$

Utilizándolo para nuestro caso particular considerando el tanque lleno y cada anillo como si se tratara de una compuerta el resultado es el siguiente:

$$1. \quad Fr = ((D \times g \times \Phi \times B)/2) \times (y_2^2 - y_1^2) \quad (3.4.2)$$

Donde :

Fr = La fuerza radial ejercida por el líquido contra las paredes del cilindro

D = La densidad del agua a 70 grados Centígrados (980 kg./m³)

g = La aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Phi = la constante 3.14159

B= Diámetro del tanque

y₂ = La altura final medida desde el nivel superior del agua

y₁ = La altura inicial medida desde el nivel superior del agua

Los valores de y₂ y y₁ nos da la posición correspondiente de cada uno de los anillos medidos en función del nivel superior del agua.

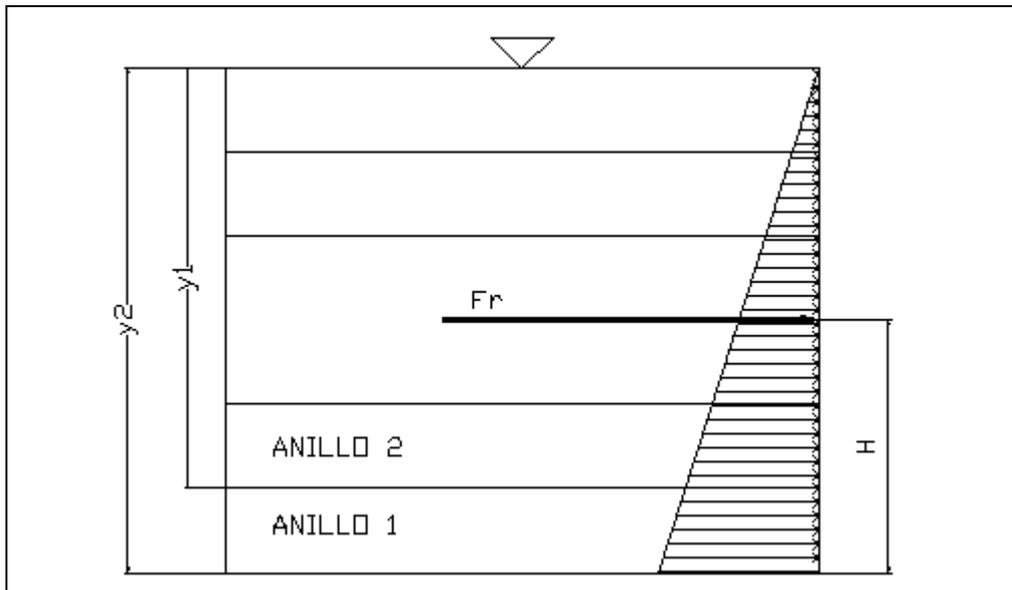


Figura 11: Fuerza ejercida sobre las paredes del tanque.

Los esfuerzos tangenciales son medidos con la fórmula de esfuerzo en cilindros de pared delgada que se ajusta perfectamente dada la relación entre el diámetro y el espesor de las paredes del cilindro.

$$\text{Esfuerzo} = F_r / (2 * e * L)$$

Donde : e = espesor de la pared del cilindro

L= Longitud del anillo del cilindro analizado

La altura en la que ocurre el mayor esfuerzo esta dada por la fórmula medida desde el nivel superior del agua.

$$y = \frac{1}{F_R} \left[\int_{y_1}^{y_2} y \, p \, dA \right] \quad y = (1/3) * \rho * g * D * (\text{PHI}) * H^3 \quad (3.4.3.)$$

En una hoja de cálculo en la cual se introduce todos los datos de las fórmulas expresadas anteriormente, y utilizar la teoría de la energía de la distorsión y con un coeficiente de seguridad ($N_{ENR} > 2$), seleccionaremos el espesor adecuado de las planchas que compondrán los anillos del cilindro de la estructura, (ver Tabla V).

Teoría de la energía de la Distorsión

$$Esf = \text{SQR}((\text{Esfuerzo normal})^2 + (3) * (\text{Esfuerzo tangencial})^2) \quad (3.4.4.)$$

Donde : Esf = El esfuerzo resultante

SQR = Raíz Cuadrada

El factor de seguridad se calcula en función de la resistencia a la fluencia considerando que el material que vamos a utilizar será Acero AISI 304L, el cual posee una resistencia a la fluencia de 228 Mpa (Ref. Manual del Ingeniero Mecánico de Marks pág 6-40).

$$n_1 = S_y / Esf \quad (3.4.5.)$$

Donde n_1 = factor de seguridad que aparece en la tabla como N ENR

Luego de estos resultados procedemos a realizar los planos de la estructura metálica del tanque.

El punto que ocurre el máximo esfuerzo lo constituye la unión entre la segunda y la tercera plancha, esta unión llevará un refuerzo de platina de 2" x 1/4 ", todos los planos de construcción del tanque se muestran a continuación en las próximas páginas.

Tabla V

Hoja de cálculo para la selección de espesores de las planchas

Cálculo de la fuerza radial soportado por anillo

coefic.	Altura		Fuerza radial Pared	Altura de aplicación	Fuerza radial
	Y2	Y1	FR	ALT	FONDO
	m	m	Nt	m	Nt
128965	7,32	0	6910,27	4,88	12714,20
128965	7,32	6,1	2111,47	6,73	
128965	6,10	4,88	1727,57	5,51	
128965	4,88	3,66	1343,66	4,30	
128965	3,66	2,44	959,76	3,09	
128965	2,44	1,22	575,86	1,90	
128965	1,22	0	191,95	0,81	

Calculo de coeficientes de seguridad para varios espesores

Ítem	Selección	Esfuerzos radiales y tangenciales			Resist. Fluencia	Coeficientes de seguridad	
	Espesores	Esf. tang.	Esf. long	Esf. comb.	Sy(Nt/m ²)	N ENR.	N. NORM
Fondo	0,008	59001,6	59292,4	83646,7	228000	2,73	3,85
	0,006	78668,8	79038,0	111515,8	228000	2,04	2,88
	0,005	94402,6	94834,4	133811,1		1,70	2,40
Primero	0,010	86535,7	47445,0	98688,7		2,31	2,63
	0,009	96150,8	52710,5	109651,1		2,08	2,37
	0,008	108169,6	59292,4	123354,2		1,85	2,11
Segundo	0,006	144226,2	79038,0	164463,3		1,39	1,58
	0,008	88502,4	59292,4	106528,2		2,14	2,58
	0,006	118003,2	79038,0	142027,3		1,61	1,93
Tercero	0,005	141603,9	94834,4	170426,6		1,34	1,61
	0,008	68835,2	59292,4	90850,8		2,51	3,31
	0,006	91780,3	79037,95	121122,34		1,88	2,48
Cuarto	0,005	110136,4	94834,4	145339,6		1,57	2,07
	0,006	65557,4	79038,0	102687,7		2,22	3,48
	0,005	78668,8	94834,4	123216,6		1,85	2,89
Quinto	0,003	131114,7	158020,4	205332,7		1,11	1,74
	0,005	47201,3	94834,4	105931,7		2,15	4,83
	0,003	78668,8	158020,4	176519,7		1,29	2,90
Sexto	0,005	15733,8	94834,4	76323,9		2,99	14,49
	0,003	26222,9	158020,4	79154,5		2,88	8,69

Sistema hidráulico

Para la instalación hidráulica debemos tomar dos aspectos importantes; el primero el diámetro de la tubería de ingreso, y la distancia existente entre la bomba de agua caliente del intercambiador de calor del mosto y el tanque nuevo.

La bomba de salida del intercambiador de mosto actualmente está diseñada para abastecer de agua al tanque actual, como nuestra instalación hidráulica ahora va a ser diferente compararemos las pérdidas totales que existen debido a la longitud de la tubería, accesorios y el cabezal que debe vencer en el tanque.

No tomamos las pérdidas de presión debido a que para ambos sistemas necesitamos que sea la misma, de modo que la comparación se la detalla a continuación con la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$\text{Pérdidas mayores: } f \times (L/D) \times V_{\text{prom}}^2 / (2 \times g) \quad [\text{m}] \quad \mathbf{(3.5.1)}$$

Donde:

f = Factor de fricción

L = Longitud

D = Diámetro

V_{prom} = Velocidad promedio

g = Aceleración de la gravedad [9.81 m²/seg]

Las pérdidas debido a los accesorios las determinaremos de acuerdo a la siguiente formula que detallamos a continuación.

$$\text{Pérdidas menores} = f \times (L_e/D) \times V_{\text{prom}}^2 / (2 \times g) \quad [\text{m}] \quad (3.5.2)$$

L_e/d = Longitud equivalente

Los datos correspondientes a la instalación se detallan en la tabla VI, y los resultados de los cálculos se encuentran en la tabla VII.

Tabla VI

Especificaciones del sistema hidráulico

Descripción	Actual	Nueva	Longitud equivalente	
			Actual	Nueva
			[m]	[m]
Longitud [m]	34	43	272.000	344.000
Diámetro[m]	0.125	0.125		
Codos a 90°	4	4	120.000	120.000
Vál. compuerta	1	1	13.000	13.000
Vál. check	1	1	50.000	50.000
[Le/D] Total			455.000	527.000
Altura	19	7.32 m.	19.000	7.320

Debemos prever una instalación rápida para evitar pérdidas en el proceso y que nos permita trabajar independientemente de el sistema actual.

Las tuberías actuales no poseen aislamiento y la razón es que la temperatura a la cual llegue al agua es superior a la que ellos necesitan (70 °C), por tanto necesita disipar calor a lo largo de la tubería.

Esta instalación hidráulica tendrá dos características la primera es el ingreso de agua a 1m de la base y la segunda que vamos a prevenir la limpieza del tanque.

Tabla VII

Cálculo comparativo de las pérdidas del cabezal

Descripción	Actual	Nueva
Caudal	0.013	0.013
Área	0.012	0.012
Velocidad	1.028	1.028
Viscosidad	3.00E-04	3.00E-04
Reynolds	4.28E+05	4.28E+05
e/d	3.50E-04	3.50E-04
Factor de fricción	0.030	0.030
Pérdidas Totales [m]	0.741	0.858
Altura[m]	20.340	7.320
Cabezal[m]	21.081	8.178

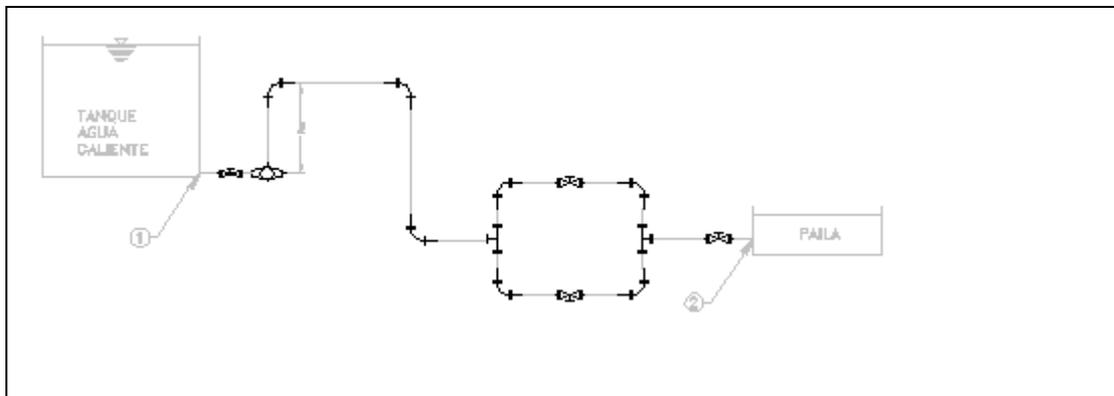


Figura 12: Diagrama hidráulico esquemático

El diagrama hidráulico del sistema se muestra en los planos adjuntos, el sistema de bombeo lo posee la compañía debido a que se tenía un equipo de repuesto para el sistema anterior.

Para el cálculo del sistema de bombeo utilizaremos la ecuación de la primera ley de la termodinámica para un volumen de control involucrado en un sistema de fluidos.

$$Q^o + W_{\text{eje}} = \int_{\text{cs}} (u + V^2/2 + gz + P/\rho) \rho^* V^* dA$$

Consideraciones:

1. El único trabajo que existe es el realizado por la bomba
2. Flujo estable
3. Flujo uniforme en c/sección, $\alpha = 1.0$
4. Flujo incomprensible
5. $Q = 0$

De donde:

$$W = g^* \{ m [P_2/\rho g + V_2/2g + z_2] - [P_1/\rho g + V_1/2g + z_1] + m^* hl \} \quad [\text{HP}]$$

El caudal de la bomba consideramos que debe ser el necesario para llenar los 120 m³ en 15 minutos como máximo esto quiere decir que el caudal es de 0.07 m³/seg.

$$hl_T = K_{\text{en}} + V_1^2/2 + f^* L_{\text{válvula}}/D V_1^2/2 + f^* L_1/d V_1^2/2 + 4 f^* L_{\text{codo}}/D V_2^2/2 + 2 f^* L_{\text{T/D}} V_2^2/2 + 4 f^* L_{\text{válvula}}/D V_2^2/2 + K_{\text{salida}} V_2^2/2 + f^* L_2/d V_2^2/2 \quad [\text{m}^2/\text{s}^2]$$

Si dividimos hl_T/g las unidades son compatibles en [m]

Tabla VIII

Longitudes equivalentes utilizadas

Accesorios	Le/D
T	60
Codo	30
Válvula de compuerta	13
Accesorios	K
Entrada	0.5
Salida	1.0

Factores de conversión:

$$1\text{HP} = 745.6999 \text{ W.}$$

$$1\text{W} = 1 \text{ Nt*m/s}$$

Tabla IX

Especificaciones del sistema hidráulico

Descripción	Línea de 8" Tramo 1	Línea de 6" Tramo 2	Longitud equivalente	
			Actual [m]	Nueva [m]
Longitud [m]	1	30	5.00	200.00
Diámetro[m]	0.200	0.150		
Codos a 90°	1	6	30.00	180.00
Vál. compuerta	1	5	13.00	65.00
T	0	2	0.00	120.00
K1	1	0	0.50	0.00
K2	0	1	0.00	1.00
[Le/D] Total			48.00	445.00

Tabla X

Cálculo de potencia bomba para alimentar las pailas

Descripción	Línea de 8"	Línea de 6"
Caudal	0.07	0.07
Área	0.03	0.02
Velocidad	2.12	3.77
Viscosidad	3.00E-04	3.00E-04
Reynolds	1.41E+06	1.89E+06
e/d	7.50E-05	1.00E-03
Factor de fricción	2.15E-02	2.10E-02
Pérdidas Totales [m]	0.24	6.78
Altura[m]	0.00	2.10
Caída de presión [m]		2.20
Velocidades [m]		0.50
Flujo de masa [kg/s]		65.33
Potencia bomba [HP]		14.51

Especificaciones de soldadura.

Debemos considerar tres tipos diferentes de uniones soldadas, las de la pared, las del piso y las del techo, en todos los casos consideraremos uniones a tope para conservar la estética interior y exterior del tanque.

Como se expresó en el análisis estructural del tanque el material a utilizar es acero inoxidable AISI 304L, para efectos de controlar la precipitación de carburos cuando se suelda acero inoxidable AISI 304L el proceso de soldadura a utilizar es el MIG (Metal inter gas) que posee temperaturas inferiores en el proceso y evita la precipitación de carburos dentro del rango de temperatura (538 - 649 °C).

Para efectuar la soldadura a tope se prepara la superficie de unión de las planchas como lo muestra el plano # 3007, el bisel en V forma un ángulo de 60 grados y la separación que se considera para la penetración es de $\frac{1}{16}$ " entre planchas.

Para los demás ángulos y platinas que se utilizarán como soporte es necesario realizar cordones de $\frac{1}{4}$ " como lo muestra el dibujo # 3007.

Las planchas del techo similarmente se soldarán a tope con biseles en V a 60 grados y una separación de $\frac{1}{32}$ " para la penetración.

El tipo de electrodo para soldar acero inoxidable AISI 304L con proceso MIG es el ER 308L (AWS 308L) que puede ser encontrado en alambres de diámetro = 0.8 mm hasta diámetro = 0.9 mm.

El tanque posee planchas de 10, 8, 6, 4, y 3 mm de espesor, el alambre que posee mayor diámetro será el que nos proporcione mayor velocidad al proceso.

Los biseles para su preparación no pueden realizarse con discos de esmeril de acero convencional pues producen contaminación en el acero inoxidable y por tanto corrosión en la uniones luego de su preparación.

Al igual que las planchas que conforman los anillos, fondo, y techo las uniones soldadas están sometidas a los mismos esfuerzos, y si recordamos la fórmula para el cálculo de esfuerzos en uniones soldadas a tope encontramos:

$$\text{Esfuerzo} = F_{\text{tangencial}} / (\text{espesor} * \text{longitud})$$

Siendo el espesor determinado por las planchas y la longitud equivale a la circunferencia del cilindro, las fórmulas utilizadas en el ítem 3.4 son las mismas, sin embargo es necesario comparar la resistencia a la fluencia que posee la soldadura para lo cual nos ayudaremos con el manual de AGA que proporciona la resistencia a la fluencia de la soldadura que ellos comercializan y es de 317 Mpa para electrodos ER 308L, si recordamos que el factor de seguridad lo obtuvimos a partir de una resistencia a la fluencia de 228 Mpa entonces la selección de la soldadura como su unión cumplen las especificaciones que calculamos en el inciso 3.4.

El proceso de soldadura a utilizar es MIG, la soldadura es ER 308L y el diámetro de el alambre es de 0.9 mm.

Especificaciones de Aislamiento.

Es necesario tomar en cuenta las condiciones básicas que necesita poseer el sistema para cumplir el tipo de trabajo que va a realizar, las mismas que detallamos a continuación, al igual que las condiciones que debe poseer el aislamiento:

- a) Temperatura del agua en el interior del tanque: 70 ° C
- b) Temperatura en el exterior del tanque: 27 ° C
- c) Bajo peso para facilitar el manejo e instalación.
- d) Exentos de cloruros para evitar corrosión de las partes metálicas.
- e) Posea integridad estructural (dimensionalmente estable)
- f) No posea características combustibles.
- g) De origen inorgánico para evitar la proliferación de hongos y bacterias.

El aislamiento seleccionado en base a estas características lo detallamos a continuación:

Conductividad térmica promedio: 0.0346 Watt/m ° C a 24 ° C.

0.24 BTU/hr*pie²*°F/pulg a 75 ° F

Temperatura máxima de utilización: 510 ° C. (950 ° F).

Dimensiones: L= 3.05 m (120") W= 1.22 m (48")

Peso: 1.22 kg/m².pulg (2.7 lb/ m².pulg)

Espesor = 1.5" a 4" en incrementos de ½"

Todas las especificaciones necesarias están adjuntas en el ANEXO 2.

El fabricante Fiberglass Colombia s.a. que distribuye este tipo de aislamiento posee un programa que proporciona rápidamente el espesor de aislamiento adecuado para la utilización en superficies planas, tuberías y tanques cilíndricos.

El programa se basa en la transferencia de calor a través de un cilindro y en continuas iteraciones hasta obtener las menores pérdidas de calor a través de las paredes.

Donde la fórmula es: $Q = U \cdot A_0 \cdot (T_{\text{caliente}} - T_{\text{fría}})$

Donde U está dado por la conductividad térmica de el aislamiento, la emisividad de la superficie a aislar.

La utilización del programa la detallamos a continuación así como los diferentes menú que se presentan.

El nombre del programa es ECO 94, y para ejecutarlo se digita ECO y enseguida aparece el siguiente menú:

MENÚ No 1

- A TUBERÍAS Y TANQUES CILÍNDRICOS SIN EVALUACIÓN DE ENERGÍA
- B SUPERFICIES PLANAS SIN EVALUACIÓN DE ENERGÍA
- C ENTRAR AL MENÚ 2
- D ENTRAR AL MENÚ 3
- E SALIR AL DOS

***** OPRIMA LA TECLA CORRESPONDIENTE AL PROGRAMA DESEADO*****

DISPONIBLE EN EL MENÚ DOS Cálculos con evaluación de Energía	DISPONIBLE EN EL MENÚ TRES Tablas de Espesor y sensibilidad
---	--

Si ejecutamos el programa para tuberías y tanques cilíndricos sin evaluación de energía encontraremos el espesor de aislamiento a utilizar, la temperatura superficial con aislamiento y las pérdidas de calor con y sin aislamiento.

Sin embargo si utilizamos el MENÚ No 2 encontraremos además de estos resultados también el costo de la energía disipada en miles de sucres por año de el tanque sin aislamiento y con aislamiento, además el ahorro de energía provocado por la utilización del aislamiento utilizando el precio actual del combustible que para efectos de análisis será gasolina.

Los datos necesarios para ejecutar el programa son los siguientes:

Temperatura Ambiente: 27 °C (86.6 °F)

Temperatura de operación : 70 °C (168 °F)

Emisividad del acero inoxidable: 0.672 (Marks pág 4-73)

Poder calorífico de la gasolina : 3496 BTU/galón (Marks pág 7-14)

Eficiencia de conversión: 90%

Altura del tanque : 7.32 m

Tiempo de operación al año : 5000 horas

Utilizando el menú 2 encontramos los siguientes resultados:

PROGRAMA ECO: CAÑUELAS AMPLIO RANGO

DISTRIBUIDOR: JUAN VÁSCONES

EMPRESA : MICAERINICORP S.A.

SECCIÓN : DISEÑO

VARIABLES DE ENTRADA PARA CALCULO DE ESPESOR

1 -	TEMPERATURA AMBIENTE (GRADOS F)	:	86.6
2 -	TEMPERATURA OPERACIÓN (GRADOS F)	:	168
3 -	EMISIVIDAD DE LA SUPERFICIE AISLADA	:	.672
4 -	DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA (PULG.)	:	336.22
5 -	RADIO REAL TUBERÍA DESNUDA (PULG.)	:	168.11
6 -	VELOCIDAD DEL VIENTO (PIES/MIN)	:	3554
7 -	PODER CALORÍFICO DEL COMBUSTIBLE (BTU/GALÓN)	:	3496
8 -	EFICIENCIA DE CONVERSIÓN (%)	:	90
9 -	PRECIO ACTUAL DEL COMBUSTIBLE EN PLANTA (\$/GAL)	:	2450
10 -	TIEMPO DE OPERACIÓN, (HORAS/AÑO)	:	5000
11 -	LONGITUD TUBERÍA A AISLAR, (METROS)	:	7.32

EL CALCULO ARROJA LOS SIGUIENTES RESULTADOS :

>>>>>>>	ESPESOR RECOMENDADO DE AISLAMIENTO (PULG.)	:	2.5 <<<
	EFICIENCIA DE AISLAMIENTO (%)	:	98.8
	TEMPERATURA SUPERFICIAL CON AISLAMIENTO (GRADOS F)	:	88.8
	PERDIDAS DE CALOR CON AISLAMIENTO, (BTU/Hr-M2)	:	78.7
	PERDIDAS DE CALOR CON AISLAMIENTO, (BTU/Hr-M2)	:	6763.7
	COSTO ENERGÍA DISIPADA TUBERÍA DESNUDA,	(miles \$/AÑO	: 5688771
)			
	COSTO ENERGÍA DISIPADA TUBERÍA AISLADA,	(miles \$/AÑO	: 67176.9
)			
	AHORRO POR CONCEPTO DE AISLAMIENTO,	(miles \$/AÑO	: 5621594
)			

 También utilizaremos el MENÚ No 3 para observar el comportamiento con varios espesores de aislamiento las pérdidas de calor de la superficie aislada y la eficiencia del aislamiento.

En el menú número 3 utilizaremos la selección A que indica la Tabla para una tubería con diferentes temperaturas, y lo describimos a continuación:

MENÚ No 3

- A TABLA PARA UNA TUBERÍA CON DIFERENTES TEMPERATURAS
- B TABLA PARA UNA TEMPERATURA EN VARIOS TUBERÍAS
- C SUPERFICIE PLANA CON VARIAS TEMPERATURAS
- D SENSIBILIDAD DE ESPESORES
- E ENTRAR AL MENÚ 1
- F ENTRAR AL MENÚ 2
- G SALIR AL DOS

***** Oprima la tecla correspondiente al programa deseado*****

DISPONIBLE EN EL MENÚ 1 Cálculos sin evaluación de Energía	DISPONIBLE EN EL MENÚ 2 Cálculos con evaluación de Energía
---	---

Los resultados se los muestra a continuación:

PROGRAMA ECO: CAÑUELAS AMPLIO RANGO

DISTRIBUIDOR: JUAN VÁSCONES

EMPRESA : MICAERINICORP S.A.

SECCIÓN : DISEÑO

VARIABLES DE ENTRADA PARA CALCULO DE ESPESOR

1 - TEMPERATURA AMBIENTE (GRADOS F) : 86.6
2 - TEMPERATURA OPERACIÓN (GRADOS F) : 168
3 - EMISIVIDAD DE LA SUPERFICIE AISLADA : .672
4 - DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA (PULG.) : 336.22
5 - RADIO REAL TUBERÍA DESNUDA (PULG.) : 168.11
6 - VELOCIDAD DEL VIENTO (PIES/MIN) : 3554

EL CALCULO ARROJA LOS SIGUIENTES RESULTADOS :

TABLA DE SENSIBILIDAD CON VARIOS ESPESORES

=====

DIÁMETRO DE TUBERÍA 336.22 PULGADAS

T1 °F	E Pulg	Ts °F	Qa BTU/HrM ²	Qd BTU/Hr M ²	Ea %
168	0.0	168.0	6763.7	6763.7	0.0
168	1.5	89.9	129.3	6763.7	98.1
168	2.0	89.2	99.9	6763.7	98.5
168	2.5	88.8	81.4	6763.7	98.8
168	3.0	88.5	68.7	6763.7	99.0
168	3.5	88.3	59.4	6763.7	99.1

T1 = Temp. de operación

Qa = Pérdidas calor aislado

Ea = Eficiencia aislamiento

Ts = Temp. superficial aislada

Qd = Pérdidas calor desnudo

E = Eficiencia recomendado aislamiento

Protección del tanque.

Las tuberías utilizadas en CCN son de acero inoxidable doble y su aspecto luego de varios años es el de una tubería con puntas corroídos a lo largo de su longitud.

Es deseo de la compañía que adicionalmente se pinte el tanque con pintura epóxica en el exterior.

La pintura que puede ser utilizada es la TYLE CLAD 2 primer para el recubrimiento de las paredes de tanque, el espesor de pintura es de 3 mils.

Diferenciamos el fondo (primer) y el de acabado con colores, el primer será rojo y el de acabado verde.

Adicionalmente el tanque posee un sistema de limpieza que será utilizado para realizar un mantenimiento interno de las paredes del tanque y efectuar la pasivación del acero inoxidable interiormente.

Esto ayudará a extender el tiempo de vida útil del tanque.

Acceso y seguridades.

El tanque para realizar mantenimiento en su interior necesita de una compuerta de ingreso en la que pueda caber una persona, esta compuerta debe estar ubicada en el primer anillo del tanque.

Un diámetro adecuado para una persona promedio es 0.50 m (ver plano # 3004).

Para el mantenimiento del aislamiento en el techo es necesario tener una escalera exterior que nos permita llegar a la parte superior del tanque.

La construcción de la escalera debe cumplir los requisitos de seguridad industrial, para lo cual se construye un anillo alrededor de la escalera que impida la caída de la persona que esta haciendo uso de ella.

Igualmente si se va a caminar en el techo necesitamos pasamanos que nos permita caminar alrededor del mismo. (ver plano # 3008)

Existe en la parte superior del tanque 3 desfogaderos que permitirán poseer siempre presión positiva en el interior del tanque y el desfogue del vapor que se genera.

Su construcción no debe permitir el ingreso de agua desde el exterior para evitar la contaminación del tanque. (ver plano # 3040)

El agua que podría ser desalojada por la tubería de rebose debe ser conducida a través de una canal que la desaloje y evite suciedad en el área del tanque.

El aislamiento para su protección poseerá en el exterior planchas de aluminio traslapados que eviten el ingreso de agua y provoquen el deterioro del mismo.

(ver plano # 3031)

El sistema debe ser lo suficientemente seguro para evitar quedarnos sin abastecimiento de agua caliente en las pailas, para lo cual usaremos 2 bombas en paralelo c/u totalmente independiente de la otra, y de esta manera poder dar mantenimiento al sistema de bombeo en cualquier momento.

Circuito eléctrico.

El circuito eléctrico debe contemplar los puntos analizados en el ítem anterior, además de los controladores de temperatura y nivel para evitar daños en el sistema de bombeo.

El tanque poseerá 3 termocuplas para sensar la temperatura, y un sensor de nivel mínimo para evitar que la bomba trabaje en vacío.

El panel eléctrico estará lo más cerca a la bombas y poseerá pulsadores remotos de control en el panel principal o consola de mando, paradas de emergencia con enclavamiento mecánico en el panel de las bombas para seguridad de la persona que este dando mantenimiento al sistema de bombeo.

El circuito del control se lo detalla en el plano #3200, y para el circuito de fuerza utilizaremos en lugar de breaker guardamotors que nos ofrecen protección contra cortocircuito y además protección térmica, adicionalmente instalaremos una protección de bajo voltaje en el guardamotor.

El guardamotor nos da la flexibilidad para independiente de que este trabajando una bomba poder desconectar el circuito de fuerza de la otra bomba, y de esta manera dar mantenimiento a los contactores de los motores.

CAPITULO 2.- CONSTRUCCION Y MONTAJE DEL TANQUE

2.1 Obras Civiles

El primer paso para el diseño del tanque es el de seleccionar la ubicación donde va a ser construido, para lo cual se utiliza los servicios de la compañía Suelos y Concretos Cía. Ltda. encargada de realizar los estudios del terreno.

Existen dos sitios tentativos donde es factible la construcción de un tanque de 400m³ para almacenamiento de agua caliente.

El primer sitio elegido es detrás de los tanques para almacenamiento de bunker frente al área de malteria.

El segundo lugar escogido es detrás del edificio del cuarto de cocimiento junto a la carretera. (Ver plano # 3100).

En los dos lugares se toman muestras a 0.10, 0.50, 1.00, 1.50 y 2.00 m. adicionalmente en el segundo sitio elegido por su gran extensión se toman tres muestras adicionales a 0.10, 0.50 y 1.00 m. separada de la anterior 15m., los

resultados que se obtuvieron se presentan en los informes que la compañía Suelos y Concretos realizó y que describimos a continuación.

Tanque de almacenamiento - Ubicación No. 1.

Las calicatas realizadas en el área de construcción, determina la presencia de un subsuelo conformado por arcilla de alta plasticidad media “GL”, con una incrustación arcillosa “CH” de alta plasticidad, entre 1.00 m. y 1.50 m., todas mezcladas con arena en porcentajes que varían entre 11.5 % y 32.4% y algo de grava, del orden del 1% al 12%.

Como dato remarcable puntualizamos el resultado de la prueba de fuerza que reproducimos a continuación:

Profundidad	F.E.
m.	T/m ² .
0.5 a 1.0	4.16
1.0 a 1.5	4.24

Los pesos del suelo que gravita sobre los puntos considerados son del orden de 0.750 T/m². y 1.515 T.m²., bastante inferiores a las respectivas fuerzas expansivas, por lo tanto, habría levantamiento para los estados de carga de tanque vacío o con poco líquido.

El tipo de fundación recomendable sería el de plintos aislados cargados con esfuerzos unitarios superiores a las fuerzas de expansión de las arcillas, en los casos más desfavorables y liberación del tanque con relación al suelo natural. Cabe destacar que el sistema estructural requerido es costoso con relación al de cimentación directa.

Relativo a capacidad portante se recomienda la siguiente cota de cimentación, para los plintos aislados:

Cota de fundación	Carga admisible
m.	T/m ² .
0,50 a 1,00	13

Tanque de almacenamiento - Ubicación No. 2.

Las dos calicatas realizadas en el área de construcción, indican la presencia de un subsuelo con mezclas predominantes de gravas arenosas con porcentajes variables de arcilla "GC", capas de arenas gravoarcillosas "SC", hasta las profundidades investigadas.

Los resultados de los ensayos de fuerza expansiva demuestran que estas son de poca intensidad y contrarrestables con los pesos propios que se encuentran sobre los puntos en consideración. El máximo valor encontrado corresponde a la muestra #3

del sondaje # 2 a 1.00 m. de profundidad, con un valor de 0.365 T/m^2 , la presión del suelo sobre el punto es el orden de $1,915 \text{ T/m}^2$, es decir, existe estabilidad.

Con relación a la capacidad portante se recomienda la siguiente cota de cimentación:

Cota de fundación	Carga admisible
m.	T/m^2 .
=====	=====
0,00 a 0,50	50
=====	=====

Dadas las condiciones optimas del subsuelo, es recomendable cimentar el tanque en esta ubicación.

Debido a estas razones expuestas por la compañía Suelos y Concretos el tanque se lo construirá en la ubicación No. 2 es decir detrás del cuarto de cocimiento.

Análisis estructural de la cimentación.

El terreno ubicado en el sector No. 2 que es escogido para la cimentación del tanque, es un suelo de muy buena característica portante, por ello se ha decidido utilizar este mismo material en el relleno, con la única particularidad de mejorar sus propiedades, compactándolo, para evitar algún tipo de asentamiento.

El esfuerzo al que va a estar sometido el suelo en la condición de carga es de 8 T/m^2 . que es menor a las 50 T/m^2 . que indica el estudio de suelos elaborado por Suelos y Concreto Cía. Ltda.

La viga de hormigón armado ha sido diseñada considerando la carga repartida que va a recibir de 8 T/m^2 . diseñada a esfuerzos de torsión y corte, además se ha analizado en función de las normas de AISC y se ha considerado las resistencias del acero de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. para varillas con diámetro mayores a 10 mm., y $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$. para varillas de 8 mm. de diámetro; la resistencia de diseño para el hormigón es de 320 kg/cm^2 .

El lecho de arena ubicado en la zona central de la cimentación, tiene como objeto lograr una mejor disipación de la carga del tanque al suelo, ya que el proceso constructivo le da la característica de confinamiento de la arena, cosa que se logra para un mejor comportamiento del suelo. (Ver plano 1.1)

Pruebas de laboratorio.- Se realizarán las pruebas de Proctor Modificado, para comprobar que la compactación sea la requerida en las especificaciones.

Además se tomarán muestras del hormigón empleado para comprobar su resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días de hormigonado.

Este diseño de la cimentación del tanque fue realizado por el Ing. Civil Gabriel Pino con registro profesional 01-09-2390.

Excavación y compactado.- Se excavará en el sitio de cimentación (Ubicación No. 2) hasta una profundidad de -2.60 m. tomado de un nivel medio BM a 0.00 (arbitrario, según la conveniencia de la ubicación), en un diámetro de nueve metros, para tener acceso cuando se trabaje la construcción del anillo de hormigón. La excavación debe realizarse manualmente sin provocar la perturbación del material en el anillo interior y el material depositado en algún lugar cercano, debido a que será utilizado posteriormente en la obra.

Compactación del terreno base.- Una vez excavado hasta el nivel -2.60 m., se nivelará el terreno manualmente y se procederá a compactar. Este procedimiento se lo puede realizar con rodillo manual o compactador de sapito tipo semipesado.

Relleno compactado en capas de 25 cm.- Una vez compactado el terreno base, se procederá a colocar una capa de 25 cm. y luego que está nivelado, se compactará. Esto se debe repetir hasta llegar a la cota de -0.60 m. que es el nivel donde se va a asentar la viga de hormigón armado circular en forma de anillo. El relleno deberá quedar compactado al 95% del proctor modificado y será comprobado en sitio.

Construcción de anillo de hormigón.- Una vez que se haya llegado a la cota de -0.60 m., se procederá a construir la viga circular cerrada de hormigón armado, con

hormigón premezclado de resistencia $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$. y un revenimiento de 8 cm. (ver plano 1/1), esta viga tiene como objeto servir de soporte de la parte exterior del tanque y servirá para tener mejor interacción entre el suelo y la estructura, otra función es la de lograr un confinamiento de suelo que va a soportar la estructura, además de ser elemento de sujeción de los anclajes del tanque. Los criterios de diseño de esta cimentación se explican en el capítulo anterior.

Curado de hormigón.- Una vez terminada de hormigonear la viga, se curará el concreto humedeciéndolo todos los días y durante quince días, período en el cual puede aprovecharse para realizar los trabajos de enlucido exterior y superior de la viga.

Relleno compactado interior.- Este relleno se lo va a efectuar con el mismo material excavado, debido a su gran capacidad portante atributo que lo destaca el estudio de suelo. La forma como se lo debe llevar a cabo es formando un ángulo de 45 grados desde la cota de -0.60 m. y a una distancia de dos metros treinta centímetros al 95% del proctor modificado, con compactador de rodillo manual o sapito semipesado.

Losa interior.- Una vez que ya esté elaborado el relleno compactado con declive en ángulo de 45 grados; se rellenará dicha cavidad con arena húmeda hasta llegar a la

cota de + 0.70 mt. que servirá como soporte y amortiguamiento para las descargas del tanque.

Relleno y compactado exterior de la viga.- El relleno y compactado de la parte del relleno que quede en la zona exterior de la viga de hormigón se la puede realizar en una sola capa y con compactador semipesado tipo sapito. Es de anotar que esta actividad puede realizarse a partir de los siete días posteriores a la fundición.

Colocación de pernos de sujeción.- La base del tanque tendrá 16 soportes cuadrados de acero inoxidable de 1-1/2” de espesor distribuidos simétricamente a 22.5 grados en toda la superficie exterior del tanque (ver dibujo # 003005). Los pernos de anclaje serán de acero inoxidable de 1-1/2” de diámetro y 0.40 m. de largo, los cuales se fijarán a la estructura de la viga circular, a una distancia de 12.10 cm. de la cara exterior, previo al hormigonado de ésta. (ver detalle de perno).

Obras complementarias.- Consisten en realizar el sellado en el terreno exterior de la viga con una capa de asfalto, con el fin de evitar filtraciones de agua hacia la cimentación. Se construirá también un contrapiso de hormigón simple para bombas, limpieza y desalojo.

2.2 Supervisión de la Construcción Metálica soldada

La construcción mecánica comprenderá el acople de los elementos necesarios para la conformación de la estructura metálica del tanque, además el orden lógico y las consideraciones pertinentes para un buen desarrollo y culminación del proyecto, para lo cual detallaremos el resumen de las dimensiones de los espesores de los anillos, la cantidad de material necesario en el proyecto, y los detalles a considerar durante la construcción. Lo primero es recordar los espesores de los materiales con que va a ser construido el tanque para lo cual presentamos un resumen en la tabla siguiente:

Tabla XI

Espesores de planchas

Descripción	Espesor [mm]
Fondo	8
Anillo #1	10
Anillo #2	8
Anillo #3	8
Anillo #4	6
Anillo #5	4
Anillo #6	3
Techo	3

Luego de conocido el espesor de cada una de las planchas que conforman el tanque, si recordamos las dimensiones de construcción así como la selección de la cantidad de planchas por anillo que va a tener nuestra construcción podemos fácilmente encontrar la cantidad de material necesario para su construcción el mismo que lo presentamos a continuación en la siguiente tabla.

Tabla XII

Especificaciones del material

Cantidad	Descripción
1	Plancha AISI 304L de 8" x 4" x 12 mm
11	Plancha AISI 304L de 8" x 4" x 10 mm
44	Plancha AISI 304L de 8" x 4" x 8 mm
11	Plancha AISI 304L de 8" x 4" x 6 mm
11	Plancha AISI 304L de 8" x 4" x 5 mm
34	Plancha AISI 304L de 8" x 4" x 3 mm
5	Ángulo laminado en caliente de 2"x 1/4"
19	Platina de 2"x 1/4" x 6 m
52	Platina de 2"x 1/8" x 6 m
26	Tubo de hierro negro de 1 1/2" ced. 40

Antes de comenzar a dar los detalles de construcción es conveniente tener presente los diversos accesorios que se muestran en los planos para lo cual es conveniente situarlos en cada una de nuestros pasos a seguir, en la tabla XIII se muestran los accesorios que vamos a instalar por anillo y nos permitirán un orden lógico para su ejecución.

Tabla XIII

Construcciones por anillo

Descripción	Accesorios	Figura
Anillo #1	Soportes pernos de anclaje	# 1
	Compuerta de acceso	
	Sensor de nivel bajo 2"	# 3
	Termocupla # 1 1/2"	
	Tubería de Drenaje 2 1/2"	
	Tubería de ingreso de agua caliente 5"	
Tubería de succión de la bomba 8"	# 4	
Anillo #2	Platina de refuerzo de 2"x 1/4"	# 5
Anillo #3	Termocupla # 2 1/2"	
Anillo #4	-----	
Anillo #5	-----	

Anillo # 6	Termocupla # 2½” Ángulo de refuerzo de 2” x ¼” Tubería de rebose 5” Tubería de limpieza 2 ½”	# 6
Techo	Tuberías de desfogue 6”	

Es conveniente observar el cronograma para el desarrollo del proyecto de manera, que logremos asociar cada uno de los pasos a seguir.

Comenzaremos con la construcción del fondo que constituirá la base para el alineamiento y asentamiento del tanque, por tanto el centrado del mismo nos proporcionará el centrado del tanque.

La primera parte constituye la preparación de los biseles en las planchas, los cuales no podrán ser realizados con discos de esmeril comunes sino con discos de esmeril para acero inoxidable, para de esa forma evitar la contaminación del material y provocar la corrosión en los cordones de soldadura, las planchas serán acomodadas como lo muestra su plano de construcción y se aprovechará en lo posible el material al momento de cortarlo en las planchas de la periferia. Para asegurar una buena penetración colocaremos debajo de las planchas entre las uniones de manera transversal platinas de acero inoxidable de 1/16” y nos servirán para la alineación de las uniones.

El fondo se lo dejará punteado cada 6" y se lo rematará una vez que hallamos culminado con la alineación y conformación de los 6 anillos y antes de colocar el techo de la estructura, el cual se lo trabajará en paralelo con la construcción del fondo del tanque.

Al tiempo que se está efectuando el acople de las planchas del piso se irán acoplando las planchas que conformarán los anillos, para esto la primera fase será ir soldando parejas de planchas para luego proceder a rolarlas y conformar el anillo, con esta práctica obviaremos el acople individual y procederemos únicamente al acople de 6 partes que conformaran cada anillo.

El primer anillo se lo apuntalará contra el piso y esto nos servirá para la alineación vertical de las paredes de la estructura, recordemos que los anillos tendrán biseles en los cuatro lados de la plancha. (Ver Figura de Apuntalamiento de plancha)

Los anillos luego de conformados y montados debemos proceder a la soldadura de todas las uniones que estén libres (7 cordones verticales/ anillo y 6 cordones horizontales entre anillos) para esto nos ayudaremos de una platina de bronce en el interior que nos servirá al igual que en el fondo para obtener una buena penetración y presentación del cordón, esta platina será removida una vez culminado el relleno del cordón.

Uno de los principales problemas con que nos enfrentaremos es la posibilidad de lluvia durante el proceso de soldadura, lo cual nos provocará retrasos en el desarrollo de la construcción, y el viento que corre por el área donde realizamos el montaje.

Para protegernos del viento construiremos una pequeña carpa y de esa forma evitar que el gas protector emigre y por tanto provoque porosidades en el cordón, además el soldador deberá tener especial cuidado en seguir los procedimientos adecuados de soldadura MIG.

Uno de los requisitos por tanto será la calificación previa de los soldadores que deberán ser debidamente justificados con certificados de una compañía especializada y además deberán presentar una muestra de los cordones en planchas de acero inoxidable AISI 304L de ½” en una longitud de 12 pulgadas.

Todos los anillos conservarán el diámetro interior de 8.54 m por tanto en los lugares donde se unen planchas de diferente espesor, la saliente mayor quedará hacia el lado exterior del tanque y en esos puntos se reforzarán los cordones de unión entre anillo y anillo.

Para nuestra ilustración los anillos han sido numerados de abajo hacia arriba del 1 al 6 como lo muestra el dibujo del capítulo 3.

La base del tanque tendrá 16 soportes distribuidos simétricamente a 22.5 grados en toda la superficie exterior del tanque (ver dibujo # 003005), serán en plancha de acero inoxidable de 12 mm. de espesor. Los pernos de anclaje serán de 1½” de diámetro y 0.40 m de profundidad, los cuales estarán fundidos en el anillo de hormigón del tanque.

La base del tanque se construirá formando un diámetro de 8.67 m, se preparará el material de modo que se conserve el paralelismo del fondo en toda su dimensión.

Formación del techo.- Para la formación del techo haremos un armazón a 20 grados con las dimensiones que muestran los planos y procederemos a cortar las planchas en trapecios para formar correctamente el contorno y lo asentaremos en el armazón para poder ir acoplando una vez rolada las planchas.

Esta plancha por el espesor que posee debe tener un cuidado especial en su soldadura para evitar problemas de fusión en las uniones. Los ductos de salida de vapores serán contruidos del mismo material y soldados en la estructura del techo, la estructura del techo se colocará a tope con el último anillo y se soldará contra este y contra el anillo de refuerzo de 2” en los cuales se colocarán cordones de refuerzo.

La tubería de limpieza irá soportada contra el techo y las paredes de los cilindros, pero se realizará al final de la obra cuando estén terminadas las uniones soldadas del tanque.

Todos los accesorios como bridas, tuberías, y compuertas serán en acero inoxidable y utilizarán empaques en las uniones que eviten en lo posible la contaminación del acero inoxidable con el acero convencional.

Formación de la escalera.- La escalera se hará con tubos negros sin costura, las protecciones alrededor de la escalera se harán con platinas de 2"x $\frac{1}{8}$ ", y serán pintadas con pintura epóxica para evitar su corrosión, su color será amarillo y negro.

Los soportes de la escalera que van a estar soldados al tanque deben quedar instalados antes de la colocación del aislante, luego se procederá a la colocación del INSUL QUICK, y las planchas de aluminio en el exterior, una vez finalizado este trabajo se instalará la escalera en la parte exterior derecha frontal del tanque.

Tal como lo muestra el dibujo # 003008 los soportes contra el tanque irán a cada metro desde el borde superior del ángulo en el anillo superior del tanque, hasta el piso y los peldaños tendrán una separación de 0.20 m. y un ancho de 0.30 m. c/u.

La protección de la escalera la constituyen anillos a su alrededor como lo muestra el dibujo, separados cada metro y unidos por platinas distribuidas a 0, 90, y 270 grados.

Asentado contra el ángulo y antes de la colocación del aislante irá la protección alrededor de todo el techo con tubo de 1½", separados como el dibujo # 003008.

2.3 Supervisión de la instalación de: Sistema hidráulico, Instalación eléctrica y aislamiento térmico.

Construcción hidraulica

La línea de succión irá instalada en el primer anillo del tanque a un metro de la base del tanque y con una brida para acople de una válvula direccional de flujo de 5", la distancia de separación de la brida del tanque es considerando las 2½" del aislamiento y las planchas de aluminio de recubrimiento, además el acceso para montaje y desmontaje de las válvulas o bridas. (ver dibujo # 003010)

Para la unión de la tubería con el tanque se utilizará soldadura R-65 y el tubo ingresará en el tanque 4", será soldado tanto en el interior como en el exterior contra

las paredes del primer anillo, el tubo será de acero, la brida que acopla con la tubería será en acero inoxidable y separada con caucho de la brida que irá acoplada a la válvula direccional que será de hierro negro.

Inmediatamente después de la brida de acople con el tanque se instalará una válvula direccional, para evitar la contra presión producto del cabezal que poseerá el tanque en el momento que no esté trabajando el equipo de bombeo de agua caliente que alimenta esta tubería.

Debido a la diferencias de nivel las dimensiones de altura para acoplarse con la línea que llega de el intercambiador de calor del mosto, serán referenciales y dependerán del nivel del terreno una vez culminada la obra civil.

El acople de las tuberías con la línea principal que viene paralelo a la pared del cocimiento se hará de acuerdo a los planos y se determinará las dimensiones restantes en el momento del montaje.

Para el resto de la tubería se instalarán bridas cada 12 m para fácil montaje y desmontaje de la misma, además la válvula estará inmediatamente después de la T que instalaremos en el punto como se muestra en el dibujo # 003009, 003010, y 003011 en las curvas irán las bridas para montaje y desmontaje de los tramos que se instalarán.

El acople de las tuberías con las bombas dependerá también del nivel de cimentación de la loseta donde irán asentadas las bombas, recordando que las uniones serán soldadas todas contra sus bridas.

El sistema se lo ha construido para que sea fácilmente desmontable, la tubería irá soportado con pie de amigos contra la pared y asentadas en un semicírculo que permita su dilatación sin ningún tipo de obstrucción.

Construcción Eléctrica.

El circuito eléctrico debe contemplar el electrocanal que irá desde el cuarto de control en el área de cocimiento que lleve los cables de fuerza para los motores, el cable de control de las termocuplas, y del sensor de nivel, así como la iluminación con lámparas en el área donde van a estar instalada las bombas.

Los pulsadores de la bomba estarán ubicados en el mismo gabinete de control que se encuentra actualmente el sistema de bombeo del tanque antiguo, así como los registros de temperatura y nivel.

Se deberá considerar que los motores no pueden quedar a la intemperie por lo cual es necesario la construcción de una cimentación donde irán anclados las bombas y los motores con una cubierta o techo que garantice el cuidado de los motores.

Para los arrancadores se utilizarán guarda motores y contactores de preferencia marca SIEMENS, se independizará el sistema de control para las bombas de los otros circuitos de control, con su propio breaker principal de funcionamiento.

Adicionalmente se procederá a la iluminación de el área donde va a estar asentado el tanque de modo de asegurar una buena vista del logotipo que se va a pintar "CHOP" el desarrollo de la iluminación será efectuado con tres reflectores de 500 Watt a 220 V que serán proporcionados por CCN.

Instalación de Aislamiento

El aislamiento como lo calculamos en el capítulo anterior de 2^{1/2}" de espesor y en el mercado se lo encuentra en planchas cuyas dimensiones estándar son 48" de ancho x 120" de largo.

El aislamiento se lo instalará directamente sobre las planchas de acero inoxidable y serán sujetadas contra estas con platinas de 2" x 1/4 " que irán a lo largo de toda la pared del cilindro soldadas contra el ángulo del techo y contra las planchas del fondo y poseerán platinas cada 0.30 cm para soporte contra las paredes del cilindro como lo muestra el dibujo 1031, y luego se colocarán anillos cicunferenciales para ser soldadas contra estas platinas para hacer de soporte horizontal del aislamiento y a la vez servir para la instalación de las planchas de aluminio contra la humedad.

Las planchas de aluminio irán sujetas contra las platinas con tornillos tripa de pato e irán traslapadas para evitar el ingreso de agua entre ellas tal como lo muestra la figura siguiente en que se muestra la forma de instalación del aislamiento.

Una protección adicional consiste en soldar un anillo rolado contra el ángulo de refuerzo del techo para evitar que el agua que rueda por el mismo rueda por las paredes sino que se produzca una cortina de agua que no toque con las paredes de esta manera la forma que se mojen las planchas que protegen los anillos es con el contacto directo con la lluvia.

El aislamiento como se puede observar queda presionado contra las planchas de tal manera que no se pueda conservar humedad en el interior entre las planchas y el aislamiento.

En los sitios donde se encuentran los soportes para los pernos de anclaje hay que cortar el aislamiento como se puede observar en el detalle de la figura.

2.4 Calificación del proceso de soldadura por Ensayos no destructivos

Se realizarán diferentes pruebas durante la ejecución del proyecto para verificar una correcta ejecución de los procesos de construcción, las pruebas que se realizarán serán:

1. Radiografías de los cordones de soldadura.

2. Análisis de corrosión acelerada

3. Pruebas hidrostáticas.

Para las radiografías dividiremos los cordones en horizontales y verticales, nombrándolos con letras en orden alfabético de abajo hacia arriba.

De esta manera la unión entre el primero y segundo anillo será el cordón A, entre el segundo y tercer anillo será el cordón B, etc. Los cordones verticales los nombraremos AL, BL, etc.

Las radiografías serán tomadas en una longitud de 0.30 m y en todos los cordones verticales en el centro, en todas las uniones que formen una T en los cordones horizontales, y en la mitad del espacio comprendido entre las T.

Se tomarán un total de 66 Verticales, 72 horizontales, en el cilindro del tanque, además en el techo se tomarán radiografías en las T de unión en un total de 30 radiografías.

La codificación y los resultados se mostrarán en el Anexo 3, para poder observar los problemas que se presentaron y que fueron corregidos posterior a este análisis y radiografiados nuevamente.

Pruebas de corrosión .- Se tomará como muestra un cordón soldado que fue pedido como prueba para la calificación de los soldadores y se lo mantendrá en condiciones

similares al tanque construido para verificar el desgaste que se produce en la obra metálica de las paredes del tanque.

Se preparará una probeta y se construirá un recipiente a escala para observación del comportamiento del sistema.

2.5 Pruebas Hidrostáticas y puestas en funcionamiento.-

Inmediatamente después de la construcción de la estructura metálica del cilindro, techo, fondo, y soportes del tanque, se procederá a empernar la estructura con la cimentación y llenar el tanque con agua caliente.

La finalidad de esta prueba es encontrar las posibles fugas, que existan en el sistema antes de proceder a la instalación del aislamiento y verificar las conexiones con bridas instalaciones de presiostátos y termocuplas.

Para la puesta en funcionamiento previamente se verificaran cada una de las conexiones independientes que hemos hecho para luego proceder al arranque de las mismas.

CAPITULO 3

3. ANALISIS ECONOMICO

3.1 Costo de las alternativas de solución

El tanque vertical existente fue construido en acero inoxidable en el año 1984 y comenzó a funcionar el mismo año, el estilo de diseño que se escogió era un tanque con diámetro de 4 m y una altura de 20.4 m con aislamiento para mantener una temperatura de máximo 80 grados centígrados, con compuerta de acceso para limpieza y revisión interna (manhold), ingreso del agua por la parte inferior del tanque, rebose y tubería para drenaje.

En el año 1994 se decide reparar este tanque por los problemas que presentaba en su estructura metálica y aislamiento, la decisión debía contemplar el eventual desperdicio de agua proveniente del proceso de enfriamiento del mosto, la energía que se iba a consumir para calentar 12.000 m³ a una temperatura de 70°C para efectuar los cocimientos mensuales, y el costo adicional de esos 12.000 m³ en el consumo de agua.

Se comenzó a planificar su reparación, además se comenzó a estudiar la posibilidad de la construcción de un tanque nuevo cuyo diseño podrá ser horizontal o vertical, la capacidad de este tanque deberá ser de 400 m³, en cualquiera de los dos casos debe preverse la obra civil para la cimentación del tanque, los equipos hidráulicos, el sistema de

aislamiento, y la interconexión con el sistema actual. Este estudio proporcionará los costos de construcción y el cronograma de trabajo para su ejecución.

2.1 Reparación del tanque existente.

El calculo del costo de este proyecto es debido a que debemos parar de distribuir agua caliente al proceso y utilizar agua fria para el mismo.

Fórmulas:

$$\text{Costo} = (\text{consumo/cocimiento}) \times (\# \text{ cocim.}) \times (\text{tiempo rep.}) \times (\text{valor m}^3)$$

$$\text{Tiempo de reparación} = 1 \text{ mes}$$

$$\text{Numero de cocimiento} = 100$$

$$\text{Consumo de agua/cocimiento} = 120$$

$$\text{Valor de m}^3 = S/. 3450$$

Independientemente del material y la mano de obra necesaria para la reparación de un tanque este costo encarecerá cualquier intento de reparación del mismo.

Luego de revisar los cálculos proporcionados en el anexo I y procediendo a cotizar los materiales necesarios para la reparación del tanque encontramos que el valor del material necesario para su reparación es de S/.100'000.000,00, se estima que la reparación durará unos 45 días y la mano de obra necesaria para esta reparación aproximadamente es de

S/.98'000.000,00 dentro de este costo se considera la utilización de equipos y contratistas necesarios para efectuar la reparación.

Tabla I
Costos involucrados en la reparación

Descripción	
Consumo agua	41'400.000
Consumo energía (promedio histórico)	65'000.000
Materiales	100'000.000
Mano de obra	98'000.000
TOTAL	357'600.000

2.2 Comprar tanque construido en el exterior.

El costo de instalación del tanque importado asciende a S/. 400'000.000,00 este costo es uno de los principales inconvenientes en la realización del proyecto sin embargo, nos servirá para la comparación respectiva de las demás propuestas.

Comprar tanque localmente.

Esto adiciona el costo del diseño del tanque al valor del proyecto.

- Las desventajas de la compra del tanque es el poco control que se tiene en los materiales utilizados en la construcción y el costo de cada uno de ellos.

Importar materiales y contratar mano de obra local.

El proyecto costará bajo esta alternativa aproximadamente S/. 300'000.000,00, y adicionalmente presenta ventajas como el control de los materiales a usar en el desarrollo del proyecto, la selección de los procesos de construcción adecuados a este tipo de obra.

El desarrollo del proyecto debe satisfacer todos los requerimientos expresados en el primer capítulo y adicionalmente aprovechar la construcción en paralelo con el trabajo del tanque actual.

Descripción del trabajo	Unid.	Cant.	Valor unit.	Valor total
CONSTRUCCION CIVIL				
Trazado y Replanteo	m ²	63.62	1500	95430
Excavación	m ³	5.00	14510	72550
Relleno compactado en capas de 25 cm. de espesor (ulizando granula)	m ³	17.00	6640	112880
Anillo de cimentación (según plano) viga circular	m ³	15.00	420000	6300000
Losa de cimentación de 0.15 m. de espesor.	m ³	4.00	420000	1680000
Relleno compactado en ángulo	m ³	2.00	6640	13280
Cama de asfalto	m ²	15.00	26000	390000
Contrapiso de Hormigon e = 10 cm. (Para bombas)	m ²	4.00	25000	100000
Colocación pernos de sujección	u.	16.00	50000	800000
Enlucido de viga	m ²	10.00	9000	90000
Pintura y esmalte (viga circular)	m ²	10.00	6500	65000
Limpieza y desalojo	Global	1.00	300000	300000
CONSTRUCCION METALICA				

Rolado de planchas de acero inoxidable (detalle los precios unitarios de c/u)	Plancha	66	150000	9900000
Rolado de ángulos de 2"x 1/4" x 6m.	Ángulos	5	150000	750000
Rolado de platinas de 2"x 1/4" x 6m.	Platina	40	75000	3000000
Rolado de tubos de 1 1/2" cédula 40 x 6m.	Tubos	9	75000	675000
M. de O soldadura MIG, formación de anillos de 11 planchas c/u.	Anillos	6	3921428	23528570
M. de O soldadura MIG, construcción del fondo del tanque.	Planchas	19	412631	7840000
M. de O soldadura MIG, montaje de anillo sobre anillo.	c/Anillo	6	4500000	27000000
Rolado de planchas del techo	Plancha	20	150000	3000000
M de O. soldadura MIG, formación del techo y soportes del mismo.	Plancha	20	627000	12540000
M. de O. soldadura MIG, construcción del desfogue de vapor.	Desfogue	3	100000	300000
Mano de obra soldadura MIG, anillo refuerzo	c/Anillo	1	200000	200000
M de O. soldadura MIG, montaje del techo sobre el cilindro.	Global		4500000	4500000
M de O. soldadura MIG, construcción y montaje de la escalera y protecciones.	Global		2000000	2000000
M de O. soldadura MIG, soportes de aislamiento en el cilindro.	c/soporte	189	3000	567000
M de O. soldadura MIG, formación de anillos de soporte para planchas de aluminio en el cilindro.	c/anillo de 8.67 m.	7	300000	2100000
M de O. soldadura MIG, formación de los anillos en el techo para planchas de aluminio.	c/ anillo	3	200000	600000
M de O. soldadura MIG, montaje de soportes de aislamiento en el techo.	c/soporte	62	3000	186000
Montaje del aislamiento y planchas de aluminio	m ²	254	30000	7620000
Aplicación y materiales para pintura epóxica del fondo, cilindro y techo con 3 mils de espesor, 2 manos.	m ²	314	9700	3045800
Logotipo de Chop, pintura según colores del logo entregado por CCN	Global		3000000	3000000
Instalación eléctrica, bomba, sensores, y circuito de control.	Global		5000000	5000000
Instalación eléctrica para iluminación del área	Reflector	3	350000	1050000

Instalación hidráulica, sistema de bombeo, tuberías, acoples, válvulas, accesorios y rebose.	Global		2850000	2850000
Cimentación de la bomba y techo para protección de los equipos.	Global		600000	600000
Pasivación de soldadura y superficie de las planchas.	Global		1500000	1500000
Maquinaria pesada a utilizar ,Detalle:			3465000	3465000
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
SUBTOTAL				\$126'817.370
UTILIDAD		20%		\$25'363.474
TOTAL				\$152'180.844

Validez de la oferta

Forma de pago

Tiempo de entrega en días calendario

Cronograma de trabajo (adjuntar).

CAPITULO 4

4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El diseño de un tanque depende siempre de los requerimientos del cliente y se limitará en función de las expectativas que posea el cliente además debe adaptarse a las preferencias en cuanto a materiales a utilizar en caso de que lo existan.

Es importante realizar un inventario previo de los materiales existentes para de esta manera introducirlos en el cálculo y verificar si su utilización es factible o existen mejores soluciones a un costo razonable.

Los problemas existentes en el diseño anterior a este proyecto demuestran la ligereza con que muchas veces tomamos el cálculo de un diseño lo que redundaba en una mala imagen por el simple hecho de confiar en construcciones anteriores que pueden no poseer similares características de diseño o condiciones diferentes de trabajo.

Un buen comienzo es lograr deducir cual fue el origen de falla de los diseños anteriores y en lugar de criticarlos utilizarlos como apoyo para el desarrollo de un proyecto posterior, aprovechando esas distracciones que pudieron haber ocurrido durante su ejecución o diseño.

Se debe recordar que cuanto poseemos un sistema que va a almacenar líquidos los esfuerzos van aumentando en función de la altura que exista entre la superficie del líquido y el punto mas bajo de almacenamiento, por tanto es deseable para disminuir los esfuerzos en las paredes que la relación entre la base y la altura sea la menor posible.

Para una misma capacidad de tanques existen muchas combinaciones posibles de dimensiones que cumplan dentro de un rango aceptable las demandas que poseamos, una buena selección garantizará un diseño estable adecuado y económico.

Si podemos observar en algunos casos podemos conseguir mayores capacidades escogiendo un diseño de mayor diámetro y menor altura utilizando menos material y por tanto un sistema más económico.

El sistema está limitado por la capacidad del suelo, las dimensiones del terreno y los materiales que existen en el mercado, siendo este último el que debemos poner principal atención, por que de este depende el cronograma de trabajo a realizar.

Existen ya en la actualidad programas que facilitan el desarrollo de un diseño y es recomendable utilizarlos siempre y cuando se puedan ajustar a nuestras condiciones de diseño, pero si no se está en disposición de conseguirlos el uso de una hoja de

cálculo en la cual utilizaremos conceptos claros nos puede dar los resultados que deseamos.

En cuanto a su construcción uno de los principales problemas fue el desfase entre la llegada de los materiales para la construcción y el inicio propiamente de la misma, esto se debió a la demora de la importación del material y el tiempo de cotización que se toman los distribuidores de los mismos.

En la construcción uno de los problemas con que nos encontramos fue la mala calidad del proceso de soldadura ejecutada por el contratista producto del poco cuidado que se tomó al momento de realizar los cordones de soldadura.

No se preocupó de protegerse contra el viento mientras realizaba los cordones lo que redundó en porosidades en el cordón y en algunos casos el soldador presentaba en sus cordones fallas de fusión.

Es importante en un tipo de obra como esta tomarse el tiempo necesario para cumplir con los requerimientos expuestos en este trabajo para no redundar en un aumento de costo de la obra que va en perjuicio del contratista que ejecuta la obra.