



## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

DESARROLLO DE TESIS:

**“ALGORITMO DE CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO FORZADO DE MOSTO POR AGUA FRÍA EN PLANTA DE ALCOHOL DE UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**AUTOR:**

ANTONIO DARIO SALAS MARTINEZ

**ASESOR:**

ING. MARTIN SIFUENTES INOSTROZA

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

GENERACIÓN,  
TRANSMISIÓN Y  
DISTRIBUCIÓN

TRUJILLO – PERÚ

**2014**

---

**PAGINA DEL JURADO**

**PRESIDENTE**

.....

**MG. JORGE ADRIÁN SALAS RUIZ**

**SECRETARIO**

.....

**MG. LUIS ALBERTO JULCA VERASTEGUI**

**VOCAL**

.....

**ING. MARTIN SIFUENTES INOSTROZA**

---

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Para mi madre Rosa Gladis y mi padre Federico Enemesio por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos Yhonny, Cristian, Ricardo, Miguel por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar profesionalmente.

A mi sobrino Jeremy Mateo quien ha sido y es una mi motivación desde el primer día que abrió los ojos, inspiración y felicidad.

También agradezco a mi hermano Edwin que físicamente ya no está en este mundo pero me ha apoyado en lo espiritual y que a pesar del tiempo que no estamos juntos, siempre lo tendré presente en mi corazón.

---

## **AGRADECIMIENTO**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, que siempre está conmigo y aunque nos faltan muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento es tan especial para ti como lo es para mí. A mi hermano Ricardo, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mi tío Roberto por escuchar mis problemas en los momentos más difíciles en mi vida, al orientarme al camino del bien.

También un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

A todos ellos, muchas gracias.

**ANTONIO DARIO SALAS MARTINEZ**

---

## DECLARATORIA DE ATENCIDAD

Yo **ANTONIO DARIO SALAS MARTINEZ** Con DNI Nº **44360035**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de **INGENIERÍA**, Escuela de **INGENIERÍA MECÁNICA**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio del 2014

---

**ANTONIO DARIO SALAS MARTINEZ**

---

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del

Jurado,

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada” **ALGORITMO DE CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO FORZADO DE MOSTO POR AGUA FRÍA EN PLANTA DE ALCOHOL DE UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL**”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de **INGENIERÍA MECÁNICA**

El Autor

---

## INDÍCE

<b>PAGINA DEL JURADO</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>DECLARATORIA DE ATENTICIDAD</b>	<b>v</b>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>26</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>26</b>
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>26</b>
<b>II. MARCO METODOLOGICO</b>	<b>27</b>
<b>2.1.) IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>28</b>
<b>2.2.) OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>29</b>
<b>2.3) METODOLOGÍA</b>	<b>33</b>
<b>2.4) TIPO DE ESTUDIO</b>	<b>33</b>
<b>2.5) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>33</b>
<b>2.6) POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO</b>	<b>33</b>
<b>2.6.1.) POBLACION</b>	<b>33</b>
<b>2.6.2.) MUESTRA</b>	<b>33</b>
<b>2.6.3.) MUESTREO</b>	<b>33</b>
<b>2.6.4.) CRITERIOS DE INCLUSION</b>	<b>33</b>
<b>2.6.5.) CRITERIOS DE EXCLUSION</b>	<b>33</b>
<b>2.7) TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS</b>	<b>34</b>
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>35</b>
<b>1. ESTABLECER LOS BALANCES DE MASA Y ENERGÍA DE ENFRIAMIENTO DE MOSTO ACTUALES POR CONVECCIÓN NATURAL</b>	<b>36</b>
<b>2. ESTABLECER LOS BALANCES DE MASA Y ENERGÍA DE ENFRIAMIENTO DE MOSTO ACTUALES POR ENFRIAMIENTO FORZADO POR AGUA.</b>	<b>42</b>

---

<b>3. DIMENSIONAR EL ENFRIAMIENTO DE PLACAS.</b>	<b>49</b>
<b>4. DIMENSIONAR TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN DE FLUIDO:</b>	<b>53</b>
<b>5. DIMENSIONAR Y SELECCIONAR EL SISTEMA DE SOPORTE DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.</b>	<b>77</b>
<b>6. ESTABLECER EL ANÁLISIS FINANCIERO: PRI (PERIODO DE RETORNO DE INVERSIÓN), VAN (VALOR ACTUAL NETO), TIR (TASA INTERNA DE RETORNO).</b>	<b>98</b>
<b>IV. DISCUSIONES</b>	<b>103</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>107</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>110</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>112</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>113</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>116</b>



---

## RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se determinó que realizando un algoritmo de cálculo adecuado de sistemas de enfriamiento forzado de agua fría se puede lograr una eficiencia de 3.20% mayor que los enfriamientos actuales que se están por convección natural. Las temperaturas actuales no proporcionan una buena eficiencia del sistema ya que la temperatura de salida del mosto es de 33°C y no son eficientes en la producción de alcohol, con la temperatura propuesta de 30°C salida, se mejora el sistema de enfriamiento. La población que se estudió es de las plantas de destilería en las empresas agroindustriales, se escogió una empresa que contó con estas deficiencias de producción. Los datos fueron recogidos por el ingeniero encargado de planta se logró determinar que el algoritmo que se realizó se encuentra acorde del con las fórmulas que se investigó. en este proyecto se determinó los siguientes puntos: se dimensionó el intercambiador de placas PHE con los caudales y temperatura de entrada y salida del sistema, se dimensionó las tuberías de conducción de fluido de mosto ( $\varnothing 4''$ ) y de agua respectivamente ( $\varnothing 4''$ ,  $\varnothing 6''$ ,  $\varnothing 8''$ ), las vigas de soporte que se seleccionó es en H de W6-15 LB/Pie, se seleccionó el tipo de soldadura de de 5/32" para la unión del sistema de estudio. Con un costo de \$203988.00 y con un beneficio de \$133986.26 anuales se estableció la tasa de retorno de 2 años. Y se estableció un programa que contiene la descripción del proceso de enfriamiento forzado por agua fría.

Palabras claves: Algoritmo de cálculo adecuado de sistemas de enfriamiento forzado, eficiencia de enfriadores, análisis de soldadura.

---

## **ABSTRACT**

In the present thesis work was determined that performing an algorithm of budgeting of forced cold water cooling systems can achieve an efficiency of 3.20% higher than the current cooling is by natural convection. The current temperatures do not provide a good efficiency of the system since the output of the wort temperature is 33°C and are not efficient in the production of alcohol, with the proposed temperature of 30°C output, the cooling system is improved. The population studied is plants of distillery in agribusiness firms and was chosen a company that counted these deficiencies in production. Data were collected by the engineer in charge of plant was achieved to determine the algorithm that is performed is chord of the with the formulas is investigated. This project identified the following points: is dimensioned exchanger of PHE plates with the flow of input and output of the system, they chose the piping of fluid must ( $\varnothing 4$  ") and water respectively ( $\varnothing 4$ ",  $\varnothing 6$ ",  $\varnothing 8$ "), support beams that was selected is in H W6-15 LB-ft, selected the type of welding of 5/32 "for the union of the Studio System. At a cost of \$203988.00 and an annual profit of \$133986.26 annual rate of return of 2 years was established. And a program that contains the description of the process of cooling forced by cold water.

Key words: Adequate calculation algorithm of forced cooling systems, chiller efficiency, welding analysis.

---

# I. INTRODUCCIÓN

---

El proceso de enfriamiento de mosto, actualmente, en las empresas agroindustriales se hace de manera manual, sin instrumentos de medida, lo que no permite controlar adecuadamente la temperatura de enfriamiento y no hay reacción a perturbaciones posteriores del mismo sistema. Los sistemas actuales no cuentan con un control automático de temperatura del mosto, lo que no permite mantener constante el enfriamiento de la temperatura del mosto, ni regular el flujo de agua de enfriamiento. Los operadores que están a cargo en estas áreas no tienen una buena capacitación en las mediciones de parámetros de proceso, ya que se les hizo una entrevista a los encargados de la zona de trabajo, ellos se basan más en los trabajos empíricos (que derivan de su propia experiencia, sin control alguno). En la situación actual, este sistema no tiene la capacidad de enfriamiento, lo que ocasiona pérdidas de producción del alcohol, por lo que hay pérdidas en porcentajes de acuerdo a información que se logró deducir, además genera malos olores en el producto final, necesitando mayores tratamientos, lo que encarece la producción de alcohol y reduce la capacidad de enfriamiento.

Por eso esta investigación se basa en el adecuado enfriamiento del mosto lo más rápido posible con un método de recirculación de fluido de mosto y el líquido refrigerante que también es de recirculación es agua, que nos permite enfriar el mosto en un menor tiempo posible. Se realizará un algoritmo de cálculo con los parámetros necesarios que nos ayuden de manera más fácil a enfriar el mosto.

Para esta investigación se recurrió a las siguientes informaciones:

En primer lugar se tiene que, en mayo del 2008 fue presentado en la facultad de ingeniería mecánica de la universidad nacional de Trujillo, comisión de estudios de post-grado el trabajo especial con el título de ***ampliación de la capacidad de refrigeración de la línea de gaseosa de la planta embotelladora de casinelli s.a.c.*** por Méndez Arqueros Roger Fernando, como requisito para optar el título de Ingeniero Mecánico.

La investigación es un estudio sobre una ampliación del sistema de refrigeración de gaseosa mediante el agua que ingresa al carbocoller (Es el recipiente –mecanismo- donde se hace la mezcla de jarabe terminado y agua tratada, ahí también se adiciona el CO<sub>2</sub>, esto ocurre para las bebidas carbonatadas), se permitió quemar la capacidad de procesamiento y mantener la temperatura de carbonatación de 3 a 5 °C.

---

Este trabajo se dio por la misma notoriedad de la tecnología que va avanzando a pasos agigantados, que se necesita producir más reduciendo el tiempo de producción. Con este tema de tesis se logró elevar la capacidad de procesamiento de bebidas carbonatadas de 5500 lt/hr a 8000 lt/hr, debido a esto se permitió procesar nuevos formatos manteniendo la calidad.

Con el sistema de pre – enfriamiento se obtuvo un ahorro en la inversión inicial de S/. 25650 nuevos soles comparados de cambiar en su totalidad del sistema. Ya con estos resultados se recomendó implementar un sistema de control de capacidad para el sistema de refrigeración actual lo cual permitiría un mejor control de la presión de evaporación.

También se recomienda que en el pre-enfriador debe entrar en funcionamiento por lo menos 15 min. Antes de iniciar las operaciones, para lograr enfriar el volumen de  $2 \text{ }^3$  que se tiene como reserva. (Fernando, 2008).

**El aporte de esta tesis de la universidad nacional de Trujillo es que el enfriamiento de un líquido a otro se debe de tener un enfriamiento forzado de cualquier tipo, para que así se pueda dar un producto mejor y que salga de la mejor manera al mercado.**

También se consultó a la revista, realizada noviembre del 2012, presentado en la Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias estado de México, México con el título de ***Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Sistema de Información Científica; Diseño de un sistema de recirculación y enfriamiento del agua para la destilación del mezcal de*** los autores Caballero Caballero, Magdaleno; Silva Santos, Luis; Montes Bernabé, José Luis. El presente trabajo muestra una propuesta para hacer más eficiente la etapa de destilación dentro del proceso de producción artesanal de mezcal, enfocándose al enfriamiento del agua utilizada en esta etapa. Para identificar la problemática, fue necesario hacer un seguimiento del proceso, poniendo especial énfasis en la operación de condensación.

El proceso actual tiene una ineficiencia de 73.25%, provocado por la falta de un gradiente de temperatura, al sobrecalentarse el agua de enfriamiento de manera excesiva, ya que la temperatura inicial es de 21.5 o 57.2 °C, en un tiempo de 6 h. Para abatir la problemática en la condensación del mezcal, se tiene como alternativa de solución, la adecuación de un sistema de recirculación para el

---

agua de enfriamiento, con el propósito de mantener agua fría en el interior de la pileta, a una temperatura no mayor de 12 °C respecto a la temperatura inicial o bien 2 a 3 °C, mayor a la temperatura del medio ambiente. Para el sistema de recirculación de agua, fue necesario determinar la potencia real de la bomba, considerando todas las pérdidas en el sistema hidráulico y descarga. El sistema de recirculación comprende un equipo de bombeo de 1/12 HP para elevar el agua caliente a una altura de 3.75 m con un caudal de 16.188 l/min y alimentar una torre de enfriamiento atmosférica, la cual tiene un arreglo de aspersion que expone al agua al medio ambiente. (Diseño de un sistema de recirculación y enfriamiento del agua para la destilación del mezcal, 2012).

**Este tema me ayudó a entender que mediante un proceso de enfriamiento en el área de la destilería es mucho mejor. Los procesos de enfriamiento en el área de la destilería deben de ser los adecuados con una temperatura adecuada de enfriamiento, también me ayudó a comprender que el todo 1 año de enfriamiento ocurren altibajos de temperatura y por eso es tener un mejor sistema de enfriamiento o también 2 sistemas de enfriamiento en paralelo para que así se pueda tener el enfriamiento adecuado todo el año.**

También se consultó a la revista el artículo Nro. 19, realizada en el año 2000, presentada por alimenticio, equipos y tecnología en el país de España, en todo tu territorio con el título de ***“Tiempo de enfriamiento de zumo de naranja concentrado”*** (págs. 63-68) En este artículo se describe la técnica de cálculo empleada para la determinación del tiempo de enfriamiento del zumo concentrado de naranja en bidones de 200 Kg. Se indica la técnica de medida de las propiedades termo físicas, CDA (calorimetría diferencial analógica), empleada para la obtención de las propiedades termo físicas del zumo concentrado de naranja. Se recogen los resultados obtenidos y las curvas de temperatura, durante el enfriamiento de los bidones de zumo en un túnel de enfriamiento, variando su temperatura y la velocidad del aire. Se comparan y discuten los tiempos obtenidos en el enfriamiento, que se obtienen utilizando la ecuación de Planck para geometría cilíndrica. Por último se considera que los resultados obtenidos pueden servir de base para el diseño de túneles de enfriamiento de concentrados zumos. (Tiempo de enfriamiento de zumo de naranja concentrado, 2000)

---

**Este tema de "tiempo de enfriamiento de zumo de naranja concentrado" me ayudó a comprender que con un circuito cerrado para el proceso de enfriamiento en la mejor manera. Y que esto lo realiza con un menor tiempo y a costos de fabricación.**

La justificación de este proyecto se basa en 3 partes que son:

En la parte **tecnológica**, las empresas en general de hoy en día se deben de actualizar para que sus procesos sean los más perfectos, en la empresa agroindustrial necesita; no solamente en el proceso de caña de azúcar; un control adecuado, también en las otras áreas para aprovechar los derivados del azúcar, como por ejemplo la melaza, el alcohol, y otras fabricaciones, ahora en esta área, que se ya aclaro de antemano, no está en abandono, sino que está descuidada y no tiene un sistema de regulación de flujos ni controles de caudales. La empresa agroindustrial debe considerar que las pérdidas de esta área pueden reducirlo con un estudio eficiente y sabiendo bien los parámetros para que al usar la tecnología, sea la más eficiente. En la parte **ambiental**, en el sistema que está funcionando actualmente, produce malos olores en el área de trabajo y aumenta pérdidas de alcohol, y por lo tanto produce producción de alcohol, también como el agua se desperdicia y se va a un canal que conduce a un río y contamina el agua que utilizan los granjeros de la zona para dar de beber a sus animales, o utilizan para fines domésticos. Y en la parte **económica**; como ya se mencionó en justificación ambiental; produce pérdidas de producción de alcohol, esto produce perdidas económicas y se tiene que producir más para llenar los lotes de alcohol.

**Mosto:** El mosto es el jugo que se obtiene del prensado de la caña dulce. El prensado se hace con un trapiche que puede ser de madera o de hierro. Para la fabricación de mosto se necesita la melaza que proviene de la fábrica de azúcar que viene de un tanque elevado del edificio principal de la destilería y el agua de dilución. Estos productos descienden de forma simultánea hacia un diluidor. La melaza no es un medio favorable al proceso fermentativo, necesitando una preparación previa para adaptarla a las exigencias del agente fermentativo. En condiciones industriales requiere de cierto cuidados. La concentración de la melaza que un líquido viscoso y denso con una concentración de sólidos aparentes de 82-85 °brix, necesitando una dilución para alcanzar la concentración de azúcares totales de 14 a 16% y 22-26°brix. Para alcanzar el pH óptimo para el agente fermentativo es el ácido, estando entre 3.5-4.5 pH y se logra agregando 0,8-1,0 gr. De ácido sulfúrico por litro de mosto, en el pie de levadura. Los suministros de nutrientes en necesario como el fósforo en forma de fosfato triple, nitrógeno como sulfato de amonio. Y por último se necesita los antisépticos por que debido a la contaminación normal de las melazas y agua de procesos, es necesario como el ácido sulfúrico 0,8-1,0 gr por litro de mosto, bactericidas como los ditiocarbamatos de 8 mg/litro de mosto y antibióticos 1,0-1,2 gr/m<sup>3</sup> de mosto. Ver **figura general**. (alvarenga, 2013)

**Estimacion analitica del calor generado en fermentación de mosto:** Debido a la dificultad que conlleva estos cálculos y dada la ligera disminución térmica que significan, la mayoría de los autores, Boulton et al. , Ribéreau Gayon et al. Y Flanzly consideran que el calor se determina de la siguiente manera: . (Navascués pág. 27)

Molienda horaria:

$$h = \frac{(\dot{m} - \dot{m}_i)}{\dot{m}_i} \dots \dots \dots (1)$$

(fao.org pág. capítulo 3)

Producción de melaza: 3% en caña:

$$= \frac{h}{(\%)\dot{m}} \dots \dots \dots (2)$$

(Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva, 2013 pág. 7)

Azúcares fermentezibles en melaza:



$$h = \frac{u}{(u + 0,45)} \dots \dots \dots (3)$$

(Navascués pág. 28)

Alcohol a producir:

$$h = u \dots \dots \dots (4)$$

En donde:

$$h : 0,51 \dots \dots \dots$$

(Navascués pág. 28)

**Producción de mosto**

En la clarificación o dilución, la cantidad de agua que se adiciona en esta etapa se hace hasta que el mosto alcance una concentración de azúcares de 15%. Así, el total de agua necesaria en esta etapa la aporta el vapor adicionado en esterilización, y agua clarificada, completando el total de mosto que entra a fermentación.

Balances de Sólidos.

$$* \dots \dots \dots = (u + [^\circ \dots]) * \dots \dots \dots$$

Despenjando:

$$= * \dots \dots \dots [^\circ \dots] \dots \dots \dots$$

---

---

–  $\left[ \frac{\quad}{h} \right] \dots \dots \dots (5)$

(Navascués pág. 28)

Entonces se aprecia que:

$$\Sigma \quad = \Sigma$$

$$+ = \dots \dots \dots$$

(6)

(VALLADOLID, 2013)

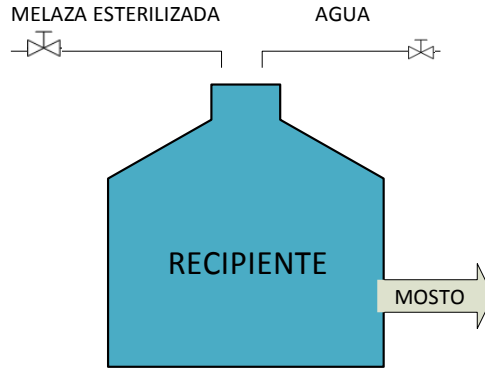


Figura Nro.1

ESQUEMA GENERAL DE PROCESO DE FERMENTACIÓN

Producción específica de alcohol: Este es un impuesto específico que se establece por cada mililitro de alcohol absoluto contenido en cualquier bebida alcohólica, sea en la producción nacional o importada, indistintamente de su presentación, según la concentración de alcohol por volumen. El impuesto recae sobre la producción nacional en las ventas a nivel de fábrica y en la importación o internación de estos productos.

Su porcentaje de la producción específica de alcohol es 51.10% del peso total de los azúcares fermentables.

$$h = \frac{u}{h} * 0.5110 \left[ \frac{h}{h} \right] \dots (7)$$

( ) [

(Navascués pág. 29)

**Cálculo del flujo térmico generado en fermentación del mosto**

Masa molar del alcohol etílico: El compuesto químico etanol, conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78,4 °C. (wikipedia, 2013)

---

$$ar \quad a \quad t_i = 46,07 ( \quad )$$

Entonces:

$$= \left[ \frac{h}{h} \left( \frac{h}{h} \right) \right] \frac{h}{h} \dots \dots \dots (8)$$

Flujo térmico en fermentación del mosto: el flujo se da por medio del flujo molar de alcohol producido por el calor unitario del mosto.

El calor unitario en la fermentación del mosto es:

$$\left[ 65270 \frac{h}{h} \right]$$

Entonces la ecuación es la sgte.:

$$= \frac{h}{h} * \dots \dots \dots$$

ó  $\left[ \frac{h}{h} \right] (9)$

(Navascués pág. 29)

Por consiguiente el flujo térmico en fermentación del mosto:

$$\frac{\dots}{3600} \left[ \dots \right] \dots \dots \dots (10)$$

=

**Densidad del mosto:** Es el zumo obtenido por presión de la caña de azúcar. En tanto no haya comenzado su fermentación, sin hollejos ni pepitas ni escobajos (según el CAE). Es un líquido dulce, turbio, con colores variables y va del amarillo claro al rojizo claro y que tiene una densidad superior

---

a la del agua. La densidad del mosto varía según lo totales contenidos de productos. Por estudio de laboratorio se concluyo que la densidad del mosto es:

$$= 1012 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

---

(camponaraya pág. 8)

**Líquido de enfriamiento (agua)**

El agua es uno de los 4 elementos que el filósofo Aristóteles definió como constituyente del universo, junto con el aire, la tierra y el fuego. Es la sustancia más abundante que existe en la tierra y el principal componente de todos los seres vivos. Constituye un factor decisivo en la climatización del planeta para la existencia humana, la formación de paisajes y el progreso de los pueblos. (la-wetne pág. 31)

**Balances de energía para sistemas cerrados (masa fija)**

un sistema cerrado consta de una masa fija. La energía total “E” para la mayor parte de los sistemas que se encuentran en la práctica consiste en la energía interna “U”. Este es en especial el caso para los sistemas estacionarios, ya que no comprenden cambios en la velocidad o elevación durante el proceso, ya que no comprenden cambios en la velocidad o elevación durante el proceso. En donde se expresa el cambio en la energía interna en términos de la masa m, el calor específico a presión constante y el cambio en la temperatura del sistema. Cuando el sistema sólo comprende transferencia de calor y ninguna interacción de trabajo cruza su frontera, la relación del balance de energía se reduce todavía más. (Cengel, 2007 pág. 12)

$$\% \quad I \quad I \quad = 128.8108 - 1.0868^\circ \quad A \quad I \quad A \quad \dots \dots \dots (11)$$

**VER TABLA 1.1.**

---

## INTERCAMBIADORES DE CALOR

Las distintas aplicaciones de la transferencia de calor requieren diferentes tipos de accesorios y configuraciones del equipo para dicha transferencia. El intento de acoplar los accesorios para la transferencia de calor a cada tipo de necesidades, dentro de las restricciones específicas, ha conducido a numerosos tipos de diseños innovadores de intercambiadores de calor. (Cengel, 2007 pág. 610)

Para las construcciones de las construcciones básicas más difundidas, son:

- Intercambiador de placas con juntas, designado PHE (Plate heat exchangers)
- Intercambiador de placas soldadas, designado BHE (Brazed heat exchangers)

Ambos diseños se conocen indistintamente como intercambiadores compactos. Los **PHE** son llamados también intercambiadores de placas y marcos (Plate and Frame) por su similitud constructiva con los filtros prensas. soportado por dos barras guía, una superior y otra inferior que apoyan sobre una columna o pedestal. El sellado entre placas se efectúa mediante juntas elastoméricas quienes a su vez dirigen los fluidos por canales alternos. Las placas contienen orificios que permiten y dirigen el flujo de los fluidos. El conjunto de placas es comprimido mediante espárragos que aseguran el apriete y estanqueidad entre las mismas. En el caso de los **BHE**, las placas están soldadas entre sí y conectadas a dos placas finales de apoyo, no existiendo en ellos las juntas ni los elementos de soporte y apriete. Las placas en estos equipos son soldadas entre sí con cobre o níquel en un 99% en un horno al vacío y forman una unidad compacta resistente a la presión. Este diseño ha sido concebido para las aplicaciones de alta presión y temperatura de trabajo y presentan la ventaja de poder ser montados directamente sobre las cañerías. La cantidad, tamaño, material y configuración geométrica de las placas dependerá de las características del proceso, esto es, del caudal, propiedades físicoquímicas de los fluidos, temperaturas y pérdida de presión requeridas.

### Calculo de intercambiadores de placas

Si bien la decisión final sobre el tipo y tamaño del equipo más conveniente está siempre en manos de los fabricantes dado que el diseño de los PHE puede considerarse exclusivo de ellos, existen



métodos de cálculos que permiten alcanzar resultados aproximados. Mencionaremos el más importante en los procedimientos de cálculos a seguir:

Método de Haslego & Polley:

Este procedimiento tiene la ventaja de presentar una serie de gráficos que permiten obtener los coeficientes de convección en función de las caídas de presión en los equipos, para diferentes valores de NTU (Número de Unidades de Transferencia de Calor), siendo aplicables bajo las siguientes condiciones:

1. Para equipos líquido-líquido, sin cambio de fases
2. Válidas para equipos de paso simple con 0.04 mm espesor placas. La exactitud de las cartas no serán afectadas para la mayoría de los materiales constructivos
3. La conductividad térmica de la placa se supone de acero inoxidable.
4. En las propiedades físicas del agua, soluciones acuosas e hidrocarburos se asumen valores típicos.
5. La exactitud en los valores del coeficiente total de transferencia de calor de diseño se estima con un margen de 15%, por lo que se deberá asumir un exceso de área de transferencia del orden del 10%.
6. Para fluidos con viscosidad entre 100 y 500 cP (centipoise), se deberá usar la línea correspondiente a 100 cP en los gráficos. Para valores superiores a 500 cP consultar al fabricante.

temperaturas media logarítmicas:

$$\Delta = \left[ \frac{\Delta^{\circ} - \Delta^{\circ}}{\ln \left( \frac{\Delta^{\circ}}{\Delta^{\circ}} \right)} \right] [^{\circ}\text{C}] \dots \dots \dots (12)$$

NTU (Número de Unidades de Transferencia de Calor):

$$= \frac{\Delta^{\circ} - \Delta^{\circ}}{\Delta} \dots \dots \dots (13)$$

lectura coeficiente convección lado agua: por tabla.  $[\alpha \quad ]$ . **VER TABLA 1.2**

lectura coeficiente convección lado viscoso: por tabla.  $[\alpha \quad ]$  **VER TABLA 1.2**

cálculo del coeficiente total de transferencia de calor :

$$= \frac{1}{\left[ \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha} \right] h. \text{ } ^2. \text{ } ^\circ\text{C}} \dots \dots \dots (14)$$

cálculo de la superficie de calefacción :

$$= \frac{\dots * (\Delta^\circ)}{\dots * \Delta} \dots \dots \dots (15)$$

En donde  $A_p$ : es adaptación de capas por equipos.  $[ \text{ } ^2 ]$

Balances de energía para sistemas cerrados (masa fija)

$$= \dots , \dots * \dots * \Delta^\circ \dots \dots \dots$$

(16)

(scrib, 2010 pág. 20)

**Ecuaciones para torre de enfriamiento.**

**Entalpía de aire**

$$= \dots , \dots * \dots , \dots * \Delta h \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

:  $\dots$  ó  $[2510,5]$

$x : h \dots \dots \dots ]$  **VER TABLA 1.9.**

$\left[ \begin{matrix} \text{agua} \\ \text{aire} \end{matrix} \right]$

---

° :

[° ]

**Ecuación general de energía:** Ésta es la forma de la ecuación de la energía que emplearemos con mayor frecuencia. Igual que en la ecuación de Bernoulli, cada término de la ecuación representa una cantidad de energía por unidad de peso de fluido que circula por el sistema. Las unidades comunes del SI son N\*m/N, o metros.

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_A = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_f \dots \dots \dots (18)$$

En donde:

$$\frac{v}{g} = \dots \dots \dots \text{ ó } \dots \dots \dots$$

$$= \dots \dots \dots$$

$$\frac{v^2}{2g} = \dots \dots \dots$$

$$2g = \dots \dots \dots$$

$$h_A = \dots \dots \dots$$

$$h = \dots \dots \dots$$

$$h = \dots \dots \dots \text{ í } \dots \dots \dots$$

Con las longitudes equivalentes de accesorios y lados rectos se puede halla la longitud total equivalente:

$$\dots \dots \dots (19) \quad \left( \dots \right) = \sum_{i=1}^n \dots + \sum_{i=1}^m \dots \dots \dots$$

**Pérdidas de presión total**

$$\Delta p_A = \sum h_f + \dots \dots \dots (20)$$

---

=1

=1

**Ecuación de Darcy**

$$\Delta = \frac{f \cdot L \cdot \rho \cdot v^3}{2 \cdot D} \dots \dots \dots (21)$$

$$\Delta = \dots \dots \dots$$

$$= \dots \dots \dots$$

$$= \dots \dots \dots$$

$$= \dots \dots \dots$$

Para halla el diametro interior, utilizamos la formula de caudal:

$$= \dots \dots \dots (22)$$

$$\sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} =$$

Para poder realizar el la variación de presión total se tiene que hallar el número de reynolds acorde al sistema. Para la viscosidad dinámica del fluido temperatura se considerada. **VER TABLA 1.3. y 1.5**

Con estas consideraciones se puede calcular el número de reynolds:

$$= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \dots \dots \dots (23)$$

Por el numero de reynolds se considera que el flujo es turbulento.

Entonces para el factor de fricción se calcula por la stge. Ecuación:

$$= \frac{0.25}{\left[ \left( \frac{1}{3.7 \cdot D} \right) + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right]^2} \dots \dots \dots (24)$$

---

Ecuación de Darcy.6.

Entonces para calcular la variacion de presion total del sistema:

Quedando:

$$A = \dots + l. + \dots \dots \dots (25)$$

**VER TABLA 1.8.**

**Potencia requerida por el motor eléctrico.**

$$= \frac{\dots}{* * \dots} \dots \dots \dots (26)$$

Donde:

- =  $h$  á
- : á **VER TABLA A.1.**
- : é **VER TABLA A.1.**
- : **VER TABLA A.1.**

Caida de tension de conductores:

$$\Delta = 1.5\% * \dots \dots \dots (27)$$

Donde la tensión nominal del motor es 440V

Tenemos:

$$\Delta = 1.5\% * 440 \dots \dots \dots (28)$$

$$\Delta = 6.6$$

Corriente nominal:

$$= \frac{\dots}{\emptyset * \dots} \dots \dots \dots (29)$$

Resistencia de conductores:

$$= \frac{\Delta}{\dots} \dots \dots \dots (30)$$



$$= \frac{6.6}{6.55}$$

$$= 1.007 \Omega$$

La sección transversal del conductor es:

$$= \frac{*}{\dots \dots \dots \dots \dots \dots} \dots \dots \dots (31)$$

**VER TABLA 1.7.** resistencia de materiales

**Torres de enfriamiento:** en la industria química hay muchos casos de operaciones unitarias en los que se descarga agua caliente (condensadores o de otros aparatos), donde el valor de esta agua es tal que es más económico enfriarla y volver a utilizarla antes que descargarla como inútil. Este enfriamiento se efectúa poniendo en contacto el agua con aire sin saturar en condiciones tales que el aire se humidifica y el agua se enfría aproximadamente a la temperatura del termómetro de bulbo húmedo. Este método se utiliza únicamente en el caso en que la temperatura del termómetro húmedo para el aire es más baja que la temperatura que se quiere que alcance el agua que sale.

**Torres por tiro forzado:** en estas se utilizan ventiladores para producir la circulación del aire. Si el ventilador está situado en la parte superior de la torre se denomina de “tiro inducido” y si está en el fondo, “de tiro forzado”. El primero es el tipo preferido porque evita el retorno del aire saturado al interior de la torre, lo que sucede con las de tiro forzado. Las torres son similares en su parte inferior a la representada en la primera figura de torres de enfriamiento, y la parte superior que actúa como chimenea no es necesario que sea tan larga. (Ro.)

**Torres de enfriamiento (Torres por tiro forzado)**

**Ecuaciones para torre de enfriamiento.**

**Entalpía de aire**

$$h = 1.0045 * \text{°} + x * ( + 1.886 * \text{°} \text{---} ) [ ] \dots \dots \dots (32)$$

Donde:

:  $\phi$  [2510,5]

$$x : h \quad \frac{\quad}{aire} [ \text{agua} ]$$

° :

[° ]

**Potencia requerida por el motor eléctrico del agua de reposición.** Flujo másico de agua de reposición: es la masa de agua que se evapora para determinar la cantidad de agua a reponer en la torre de enfriamiento primero se debe determinar el flujo másico de aire seco:

$$= \frac{\quad * (h \quad - \quad)}{(1 + \quad) * h \quad - (1 \frac{1}{h} \quad) * h \quad - ( \quad - \quad ) * \quad} \dots (33)$$

Donde:

$h$

$h$

$\varphi_h$

**VER TABLA 1.9.**

El flujo másico de agua de reposición sería:

$$\quad = \quad * ( \quad - \quad ) \dots \dots \dots (34)$$

**Carga critica por pandeo:**

$$\dots = \frac{(\dots \dots \dots)}{\quad} \dots \dots \dots (35)$$

---

$$= \frac{(\quad)}{\#} \dots\dots\dots(36)$$

---

VER TABLA 1.10.

Ecuación de Euler:

$$= \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{L^2 A} \dots \dots \dots (37)$$

Donde:

=

= ó

[ ] VER TABLA 1.10.

**Radio de giro:** Según la relación de esbeltez para columnas.

$$\leq \frac{L}{100} \dots \dots \dots (38)$$

**Dimensionamiento de las placas bases:** Las placas bases serán de las mismas dimensiones y los cálculos se harán con la placa que soporta la mayor carga, que es la placa base inferior. Peso total que soporta la placa base:

$$= P_1 + P_2 \dots \dots \dots (39)$$

**teoría de falla, por el esfuerzo cortante:**

$$\tau = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (40)$$

**Factor de seguridad:** debido a que la planta está sometida a constante cambios para cogenerar energía eléctrica, y esto trae consigo el aumento de agua de condensación y con ello aumenta su peso, las placas bases serán diseñadas con un factor de seguridad de 5.

$$= \frac{\tau_{\text{adm}}}{\tau} \dots \dots \dots (41)$$

**Factor de seguridad:** debido a que la planta está sometida a constante cambios para cogenerar energía eléctrica, y esto trae consigo el aumento de agua de condensación y con ello aumenta su peso, las placas bases serán diseñadas con un factor de seguridad de 5.

$$= \frac{\tau \dot{a}}{\tau} \dots \dots \dots (42)$$

**Diametro de perno:** Mediante el mismo criterio de las placas, se diseñara los pernos de sujeción de la placa inferior, que serán los mismos para la placa superior.

Fuerza cortante por cada perno: Son 4 pernos por cada placa.

$$= \frac{\dots}{\circ} \dots \dots \dots (43)$$

**Esfuerzo cortante máximo por diseño del perno:**

$$\tau = \frac{\dots}{2} \dots \dots \dots (44)$$

**El área transversal de cada perno :**

$$= \frac{\ast}{\tau} \dots \dots \dots (45)$$

**Sustituyendo el área en función del diámetro del perno, tenemos:**

$$\frac{\ast^2}{4} = \frac{\ast}{\tau} \dots \dots \dots (46)$$

**Dimensionamiento de la base de cimentación:** El peso que soportaría la cimentación es el peso de la carga (tubería + agua), peso de las placas y el peso de la viga.

**Peso de las placas:**

$$= (\gamma \cdot V_1 + \gamma \cdot V_2) \dots \dots \dots (47)$$

En donde:

$$=$$

$$\gamma =$$

El peso total que soportaría la cimentación, sería:

$$= \dots + \dots + \dots \dots \dots (48)$$

**Altura y ancho de los cimientos:** El ancho y la altura de la cimentación se pueden determinar, según la formula es:

$$h^2 = \frac{(49) (\sigma_{adm})}{\gamma} \dots \dots \dots$$

$$= \dots$$

$$= \dots, \text{ a } \frac{\dots}{2} = \dots$$

$(\sigma_{adm}) = 380$  (ú ó) **VER TABLA 1.12.**

**Verificación de la base de concreto:**

$$\sigma < (\sigma_{adm}) \dots \dots \dots$$

$$(50)$$

$$\dots < 380 * 10^3$$

**Análisis de soldadura:**

Soldadura para los perfiles de la viga: Las placas además de soportar las cargas axiales (peso de la

---

carga y peso de la viga), también estarán sometidas al momento generado por la fuerza del viento

en la cara lateral de la tubería de agua, produciendo esfuerzo cortante en la soldadura. Para estructuras pequeñas de unos 30 m, resulta satisfactorio usar la presión del viento, estipulado en el código apropiado de construcción. El National Building Code para el viento: **VER TABLA 1.13** Determinamos de la presión del viento para una altura de 6 m es: 0.75 KPa y como la forma de la tubería es redonda le corresponde un factor de multiplicación de 0.6.

La fuerza total del viento en la tubería, la calcularemos tomando el área lateral de la tubería donde va actuar la presión del viento; es decir:

$$( \quad ) = * \dots \dots \dots (51)$$

**La fuerza cortante ocasionada por el viento, por cada viga, seria:**

$$\frac{( \quad )}{\circ} \dots \dots \dots (52)$$

**Área total de la garganta de soldadura:**

$$= 1.414 * h * ( + ) \dots \dots \dots (53)$$

**El esfuerzo cortante en la soldadura:**

$$\tau = - \dots \dots \dots (54)$$

**VER TABLA 1.29.**

**Momento de Inercia unitario:**

$$= \frac{2}{6} * (3 * + ) \dots \dots \dots (55)$$



**Momento de Inercia basado en la garganta de la soldadura:**

$$= 0.707 * h * \dots \dots \dots (56)$$

**Momento flector produce un esfuerzo normal por flexión:**

$$\sigma = \frac{M}{I} + \frac{M}{I} \dots \dots \dots (57)$$

Donde:

$$= * =$$

$$= \frac{\sigma}{2}$$

$$= \acute{a}$$

**esfuerzo cortante máximo por circulo de mohr:**

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \dots \dots \dots (58)$$

Considerando un electrodo E7018 5/32" (**VER TABLA DE SELECCIÓN 1.10.**), en donde se tiene que considerar el esfuerzo de fluencia, se obtiene el siguiente factor de seguridad, por la teoría de falla del máximo esfuerzo cortante:

$$= \frac{\sigma_y}{\tau} = \frac{0.5}{\tau} \dots \dots \dots (59)$$

Cantidad de soldadura a utilizar en perfiles:

$$= \frac{\dots}{\dots} *$$

---

\* . .

Donde:

$$= \dots * \dots = 7850 \left[ \frac{\dots}{\dots} \right] \dots$$

$$= \acute{a} \dots \acute{o} \dots =$$

$h^2$

$$\dots =$$

$$=$$

Entonces queda:

$$\frac{\dots * h^2 * \dots}{\dots} \left[ \frac{\dots}{\dots} \right] \dots \dots \dots (60)$$

$$=$$

**VER TABLA 1.14.**

**Entonces la masa total de soldadura:**

$$\left( \dots \right) = \dots * \dots \dots \dots (61)$$

El tiempo de soldado:

La velocidad de soldado promedio es de 1.5Kg/h, por lo tanto las horas hombre para soldar es:

$$= \dots \dots \dots (62)$$

(BARRENO, 2013)

**VAN (Valor Actual Neto o Valor Presente Neto):** Es un indicador financiero que mide los flujos de

---

los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros (ingresos menos egresos). El método, además,   
Donde.

descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado (Muñoz, 2013)

La fórmula que nos permite calcular el VAN (Valor Presente Neto) es:

$$= \sum_{n=0}^n \frac{I_n - n}{(1 - )^n} \dots \dots \dots (63)$$

Donde:

:

:

)

: ú (

ú 0, 1) (M

uñoz, 2013)

**TIR (tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad):** está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) de una inversión sea igual a cero (VAN = 0). Recordemos que el VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente (valor actual), aplicando una tasa de descuento. El TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida. (Muñoz, 2013)

La Tasa Interna de Retorno es el tipo de descuento que hace igual a cero el VAN:

$$= - + \sum_{n=1}^n \frac{I_n}{(1 + )^n} =$$

Donde es el flujo de Caja en el periodo .

Por el teorema del binomio:

$$(1 + x)^{-1} \approx 1 - x$$

$$\begin{aligned} &= 1 - x + \frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{6}x^3 + \dots \\ &= 1 - x + \frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{6}x^3 + \dots \end{aligned}$$

---

De donde:

$$= \frac{- + \sum_{=1}}{\sum_{=1}} \dots \dots \dots (64)$$

**ROI (periodo de retorno de inversión):** Es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

$$PRI = \frac{\text{INVERSION}}{\text{BENEFICIO}} \dots \dots \dots (65)$$

(C., 2013)

La realidad problemática en los procesos de enfriamiento de los sistemas actuales no cuentan con un control automático de temperatura del mosto, lo que no permite mantener constante el enfriamiento de la temperatura del mosto, ni regular el flujo de agua de enfriamiento. Los operadores que están a cargo en estas áreas no tienen una buena capacitación en las ediciones de parámetros de proceso, ya que se les hizo una entrevista a los encargados de la zona de trabajo, ellos se basan más en los trabajos empíricos (que derivan de su propia experiencia, sin control alguno). Para que llegue a enfriar el tanque de almacenamiento se debe de llenar con agua para que llene las camisetas de las dornas. La temperatura en la cual ingresa el agua es de 30°C, y después de 6 o 7 horas en donde se enfría el mosto, la temperatura final del agua llega desde 35°C a más (datos de entrevista a los encargados del área de servicio de destilería). En la situación actual, este sistema no tiene la capacidad de enfriamiento, lo que ocasiona pérdidas de producción del alcohol, por lo que hay pérdidas en porcentajes de acuerdo a información que se logró deducir, además genera malos olores en el producto final, necesitando mayores tratamientos, lo que encarece la producción de alcohol y reduce la capacidad de enfriamiento.

Por esta realidad problemática que sucede en plantas agroindustriales se da una pregunta básica a este problema: ¿Cuál será el algoritmo de cálculo para la selección del sistema de enfriamiento forzado de mosto por agua fría en planta de alcohol de una empresa agroindustrial?

---

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Definir el algoritmo de cálculo para selección del sistema de enfriamiento forzado de mosto por agua fría en planta de alcohol de empresa una agroindustrial, para reducir las pérdidas de alcohol y aumentar la capacidad de procesamiento del mosto.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Establecer los balances de masa y energía actuales de enfriamiento de mosto por convección.
2. Establecer los balances simulados de masa y energía de masa de las nuevas condiciones del tipo de enfriamiento de mosto.
3. Dimensionar el enfriador de placas.
4. Dimensionar tuberías de conducción de fluido de agua y mosto respectivamente.
5. Dimensionar y seleccionar el sistema de soporte del sistema de enfriamiento.
6. Establecer el análisis financiero: PRI (periodo de retorno de inversión), VAN (valor actual neto), TIR (tasa interna de retorno).
7. Elaborar un programa visual, Excel.



---

## **II. MARCO METODOLOGICO**

---

## 2.1.) IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable independientes	Variables dependientes
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Parámetros del mosto</li><li>2. Exigencias o restricción del diseño.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Tiempo de enfriamiento</li><li>2. Distribución de Temperatura</li><li>3. Dimensionar el enfriador de placas.</li><li>4. Dimensionar tuberías de conducción de fluido de agua y mosto respectivamente.</li><li>5. Dimensionar y seleccionar el sistema de soporte del sistema de enfriamiento</li><li>6. El VAN, TIR y ROI</li></ol>

## 2.2.) OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
<b>Parámetros del mosto</b>	<p>Cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo.</p> <p>Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.</p>	<p>Se puede medir con el área del cilindro y su velocidad de entrada a las camisas que bordean la dorna de mosto. La velocidad es distancia por tiempo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Caudal del mosto</li> <li>2. Presión del mosto</li> <li>3. Temperatura del mosto</li> </ol>	[ <sup>3</sup> / ]
<b>Exigencias o restricción del diseño.</b>	<p>Cualidad que permite identificar a algo o alguien, distinguiéndolo de sus semejantes.</p>	<p>La característica es el modelo principal en la cual no se puede modificar, sino solamente mejorar el sistema de enfriamiento.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tiempo</li> <li>2. Variación de temperatura</li> <li>3. Regulación o control</li> </ol>	[ <sup>2</sup> ]

<b>VARIABLES DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
<b>Tiempo de enfriamiento</b>	Es una magnitud física con la que medimos la duración o separación de acontecimientos, sujetos a cambio, de los sistemas sujetos a observación; esto es, el período que transcurre entre el estado del sistema cuando éste presentaba un estado.	Se puede medir con un cronometro	Tiempo en que se retarda el enfriamiento de las cubas del mosto	Segundos, minutos, horas [s, min ,h]
<b>Distribución de temperatura</b>	Magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica.	Se puede medir con un termistor de temperatura que varía su resistencia eléctrica en función a su temperatura	El enfriamiento adecuado de las cubas de mosto	[°C , °F]

<p><b>dimensionar el enfriador de placas.</b></p>	<p>Los Intercambiadores de Placas consisten en un bastidor con placas recambiables y juntas de estanqueidad de caucho. Las placas están preformadas de acuerdo a un diseño de corrugación que facilita el intercambio térmico entre los fluidos primario y secundario.</p>	<p>Se puede medir por capacidad de entrada y salida de temperatura y caudal respectivamente.</p>	<p>Por intermedios de cálculos matemáticos se selecciona el adecuado.</p>	<p>[ 2 ]</p>
<p><b>Dimensiones y selección de tuberías de entrada y salida de mosto y agua.</b></p>	<p>Proceso por medio del cual se indican las medidas de los objetos representados en un dibujo.</p>	<p>Se puede medir por intermedio de cintas métricas y material del tubo, el que sea más adecuado</p>	<p>Por intermedios de cálculos matemáticos se selecciona el adecuado</p>	<p>[ ]</p>

<p><b>Dimensiones y selección de equipos de soporte del sistema de enfriamiento</b></p>	<p>Proceso por medio del cual se indican las medidas de los objetos representados en un dibujo.</p>	<p>Se puede seleccionar por intermedio del algoritmo matemático</p>	<p>Para que sea adecuado en el sistema, se tiene que buscar catálogos de estructuras.</p>	<p>[ 2 ]</p>
<p><b>El VAN, TIR y ROI</b></p>	<p>El VAN es un cálculo que se realiza para conocer si un proyecto de inversión es conveniente o no. La TIR es el cálculo que permite saber cuál es la tasa que hace que el VAN sea igual a cero. El ROI (Utilidad/Activos) permite obtener la tasa contable de ganancia</p>	<p>Se puede medir con los costos de las máquinas en que se va a cotizar con su instalación.</p>	<p>Económicos</p>	<p>Nuevos Soles [S/.]</p>

---

### **2.3) METODOLOGÍA**

El método es cuasi-experimental.

### **2.4) TIPO DE ESTUDIO**

El tipo de investigación de que se realizara es aplicado y explicativo.

### **2.5) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El diseño de investigación es pre experimental, porque se establece que el presente estudio se realiza sin manipular deliberadamente las variables; pero se trata de investigación donde existen UN ANTES y UN DESPUÉS. Lo que haremos es observar fenómenos y situaciones reales actuales, evaluarlos, cuestionarlos e iniciar, mediante cálculos y fundamentos la correspondiente pre- implementación.

### **2.6) POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

#### **2.6.1.) POBLACION**

Sistemas de enfriamiento

#### **2.6.2.) MUESTRA**

Sistemas de enfriamiento mosto de las empresas agroindustriales.

#### **2.6.3.) MUESTREO**

Una empresa que contenga sistemas de enfriamiento forzado de agua de mosto en una empresa agroindustrial.

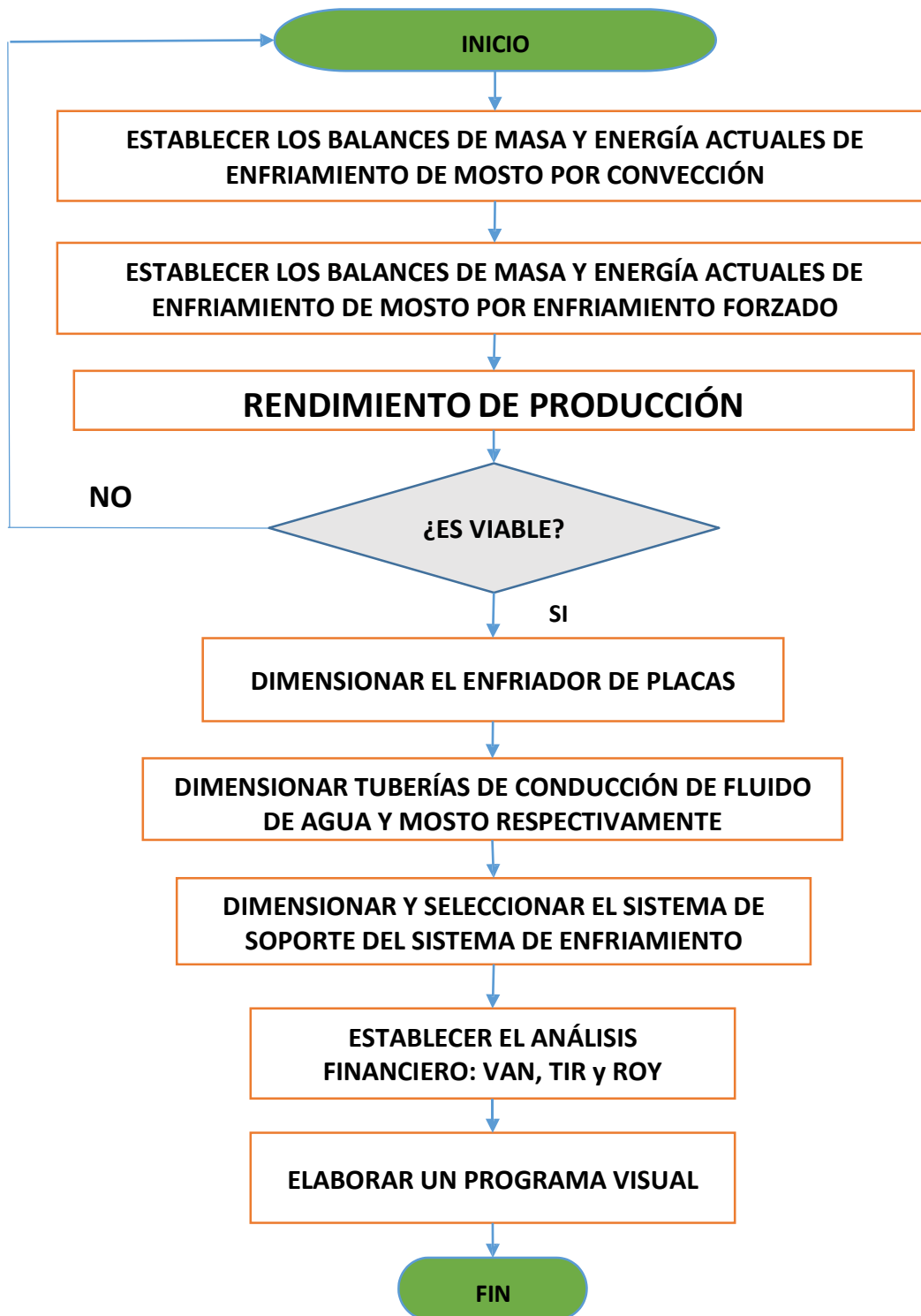
#### **2.6.4.) CRITERIOS DE INCLUSION**

Sistemas de enfriamiento de empresa agroindustrial de mosto menores de 30°C.

#### **2.6.5.) CRITERIOS DE EXCLUSION**

Sistemas de enfriamiento de empresa agroindustrial de mosto mayores de 30°C.

## 2.7) TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS





---

## **III. RESULTADOS**

**1. ESTABLECER LOS BALANCES DE MASA Y ENERGÍA DE ENFRIAMIENTO DE MOSTO ACTUALES POR CONVECCIÓN NATURAL**

**Datos de entrada en el proceso de fabricación del mosto.**

Molienda de caña: 5000 ton/día.

Horas de molienda: 23.5 h/día

Grados brix de entrada: 28°C

Grados brix de salida: 10°C

N° de recipientes de almacenamiento del mosto: 10 unidades

Temperatura actual de entrada: 36°C

Temperatura actual de salida: 33°C

producción de molienda en caña: 3%

masa de azúcar fermentezibles: 45% de masa de melaza

factor de conversión de azúcar fermentezible: 51% que se produce en el volumen de alcohol

La masa molar del alcohol etílico de 78,4 °C. : 460.7 Kg/Kmol

Calor unitario en la fermentación del mosto: 65270 KJalcohol/Kmol

**Estimación analítica del calor generado en fermentación de mosto:**

Molienda horaria:

$$h = \frac{5000 \left( \frac{h}{i} \right)}{23.5 \left( \frac{h}{i} \right)} \dots \dots \dots (1)$$

$$h = \frac{5000 \left( \frac{h}{i} \right)}{23.5 \left( \frac{h}{i} \right)}$$

$$h = \frac{212.77 \left( \frac{h}{i} \right)}{h}$$

La molienda horaria que produce en la planta de alcohol es 212.77 (  $\frac{h}{i}$  )

Con la producción de molienda horaria se calcula la masa de melaza a un 3% en caña. Este dato está especificado en la trabajo de principales aspectos de la cadena productiva agropecuaria tabla de específicos de caña de azúcar del ministerio de agricultura en el Perú del ing. Franco Oviedo Angüis.

Producción de melaza: 3% en caña:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{---}}{h} \left( \frac{\text{---}}{h} \right) \cdot \text{ó} \frac{h}{\text{---}} ] \dots \dots \dots (2) \\
 &= 212.77 \left( \frac{\text{---}}{h} \right) * 0.03 \left( \frac{\text{---}}{h} \right) \\
 &= 6.38 \left( \frac{\text{---}}{h - \text{ñ}} \right)
 \end{aligned}$$

Para poder obtener la masa de azúcar fermentezibles se realiza con el 45% de masa de melaza. Obteniendo de azúcares fermentezibles en melaza:

$$\begin{aligned}
 \text{ú} &= \frac{\text{---}}{h} \cdot 0,45 \left( \frac{\text{---}}{h} \right) \dots \dots \dots (3) \\
 6.38 \left( \frac{\text{---}}{h} \right) &= 2.871 \left( \frac{\text{---}}{h} \right) \\
 \text{ú} &= \frac{\text{---}}{h} \\
 2871.00 \left( \frac{\text{---}}{h} \right)
 \end{aligned}$$

En los azúcares fermentezibles existe un factor de conversion de azúcar fermentezible al 51% que se produce en el volumen de alcohol a producir:

$$\begin{aligned}
 h &= \text{ú} \left( \frac{\text{---}}{h} \right) \cdot \text{ó} \\
 h &\dots \dots (4)
 \end{aligned}$$

---

$$h = 2871.00 \left( \frac{1}{h} \right) * 0.51$$

(

$$h = 1464.21 \left( \frac{1}{h} \right)$$

$$h = 1464.21 \left( \frac{h}{h} \right)$$

En donde:

:  $u$

$$h : 0,51 \quad \acute{o} \quad \frac{\quad}{h}$$

Ahora se procedera a calcular la masa de agua por un sistemas de ecuaciones entre la masa de melaza que entra al sistema con la los grados brix que entra y sale del sistema.

**Producción de mosto**

$$* \quad \acute{o} \quad u \quad [^\circ \quad ]$$

$$= (u + [^\circ \quad ]) * \quad \acute{o}$$

Despenjando:

$$= \frac{* \quad \acute{o} \quad u}{\quad}$$

$$[^\circ \quad ]$$

$$u \quad [^\circ \quad \acute{o}]$$

$$- \quad \left[ \frac{\quad}{h} \right] \dots \dots \dots (5)$$

$$= \frac{6.38 * 28}{10} - 6.38 \left[ \frac{\quad}{h} \right]$$

$$= 11.48 \left[ \frac{\quad}{h} \right]$$

$$\quad ]$$

Esta masa de agua es la entra al primer sistema de enfriamiento de mosto, que resulta de la primera etapa de proceso de fermentación. Después de este paso de obtiene masa del mosto del primer proceso de fermentación al proceso.

Entonces se aprecia que:

$$\Sigma \quad = \Sigma$$

---

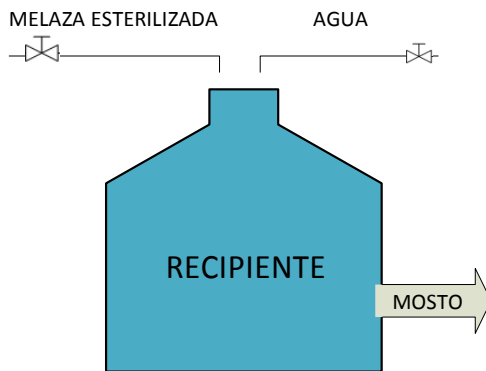
$$+ = \dots\dots\dots$$

(6)

-

$$6.38 \left[ \frac{\quad}{h - \tilde{n}} \right] + 11.48 \left[ \frac{\quad}{h} \right] =$$

$$17.86 \left[ \frac{\quad}{h} \right] =$$



ESQUEMA GENERAL DE PROCESO DE FERMENTACIÓN

El porcentaje de producción específica de alcohol tiene un porcentaje estandarizado de 51.10% del peso total de los azúcares fermentezibles. Por lo cual se obtiene la producción específica de alcohol:

$$h = \frac{u}{h} * 0.5110 \left[ \frac{h}{h} \right] \dots (7)$$

( ) [

$$h = 2871.00 * 0.5110$$

$$h = \frac{h}{h}$$

1467.081 [

### Cálculo del flujo térmico generado en fermentación del mosto actuales

La masa molar del alcohol etílico es el compuesto químico etanol, conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78,4 °C.

$$ar \quad a \quad tí = 46,07 \left( \text{---} \right)$$

Entonces:

$$\begin{aligned}
 & h \\
 & = \left[ \frac{h}{h} \left( \frac{h}{h} \right) \right] \frac{h}{h} \dots \dots \dots (8) \\
 & = \left[ \frac{1467.081}{46,07} \right] \left[ \frac{h}{h} \right] \\
 & = 31.84 \left[ \frac{h}{h} \right]
 \end{aligned}$$

Luego el flujo térmico en fermentación del mosto se da por medio del flujo molar de alcohol producido por el calor unitario del mosto.

El calor unitario en la fermentación del mosto es:

$$\left[ 65270 \frac{h}{h} \right]$$

Entonces la ecuación es la sgte.:

$$\begin{aligned}
 & = \left[ \frac{h}{h} \right] \dots \dots (9) \quad h \quad * \quad \text{—} \\
 & = 31.84 * 65270 \left[ \frac{h}{h} \right] \\
 & = 2078497.436 \left[ \frac{h}{h} \right]
 \end{aligned}$$

Por consiguiente el flujo térmico en fermentación del mosto:



---

$$\frac{2078497.436}{3600} [ \quad ] \dots\dots\dots(10)$$

=

$$= 577.36 [ \quad ]$$

Y por lo tanto el calor general que produce el alcohol dentro de manera general es de 577.36 Kw, pero como existen 10 dornas de 28m<sup>3</sup>, el calor de fermentacion del mosto se dividirá en cada tanque de almacenamiento la misma cantidad correspondiente, que en este caso es de:

$$\frac{577.36}{10} [ \quad ]$$

$$=$$

$$=$$

$$57.73 [ \quad ]$$

Para poder facilitar el calor de fermentación unitario del calor se aproxima:

$$= 57.73 [ \quad ] \approx$$

$$60.00 [ \quad ]$$

A partir de el calor unitario de fermentacion del mosto, se obtiene realiza todos los cálculos correspondientes.

La temperatura inicial es de 36°C y la de salida es de es de 33°C que sale del tanque de almacenamiento en donde se está produciendo actualmente. De la tabla 1.1 se puede calcular el % de rendimiento de producción con los valores de entrada salida de enfriamiento del mosto:

$$\% \quad I I \quad = 128.8108 - 1.0868^\circ \quad A I A \quad \dots \dots \dots (11)$$

$$\% \quad I I \quad = 128.8108 - 1.0868 * 33^\circ$$

$$\% \quad I I \quad = 92.94\%$$

**2. ESTABLECER LOS BALANCES DE MASA Y ENERGÍA DE ENFRIAMIENTO DE MOSTO ACTUALES POR ENFRIAMIENTO FORZADO POR AGUA.**

**Datos de entrada en el proceso de fabricación del mosto.**

Molienda de caña: 5000 ton/día.

Horas de molienda: 23.5 h/día

Grados brix de entrada: 28°C

Grados brix de salida: 10°C

Calor unitario en la fermentación del mosto: 65270 KJalcohol/Kmol

N° de recipientes de almacenamiento del mosto: 10 unidades.

Temperatura actual de entrada: 33°C

Temperatura actual de salida: 30°C

producción de molienda en caña: 3%

masa de azúcar fermentezibles: 45% de masa de melaza

factor de conversión de azúcar fermentezible: 51% que se produce en el volumen de alcohol

La masa molar del alcohol etílico de 78,4 °C. : 460.7 Kg/Kmol

Calor unitario en la fermentación del mosto: 65270 KJalcohol/Kmol

**Estimación analítica del calor generado en fermentación de mosto:**

Molienda horaria:

$$h = \frac{5000 \left( \frac{h}{i} \right)}{23.5 \left( \frac{h}{i} \right)}$$

$$h = \frac{5000 \left( \frac{h}{i} \right)}{23.5 \left( \frac{h}{i} \right)}$$

$$h = \frac{5000}{23.5} = 212.766$$

---

77 (

*h* )

La molienda horaria que produce en la planta de alcohol es 212.77 ( $\frac{t}{h}$ )

Con la producción de molienda horaria se calcula la masa de melaza a un 3% en caña. Este dato está especificado en la tabla de principales aspectos de la cadena productiva agropecuaria de específicos de caña de azúcar del ministerio de agricultura en el Perú del ing. Franco Oviedo Angüis.

Producción de melaza: 3% en caña:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{212.77 \left(\frac{t}{h}\right) \cdot 0.03}{h} \\
 &= 212.77 \left(\frac{t}{h}\right) * 0.03 \left(\frac{1}{h}\right) \\
 &= 6.38 \left(\frac{t}{h}\right)
 \end{aligned}$$

Para poder obtener la masa de azúcar fermentezibles se realiza con el 45% de masa de melaza. Obteniendo de azúcares fermentezibles en melaza:

$$\begin{aligned}
 &6.38 \left(\frac{t}{h}\right) \cdot 0.45 \left(\frac{1}{h}\right) \\
 &= 2.871 \left(\frac{t}{h}\right) \\
 &2871.00 \left(\frac{kg}{h}\right)
 \end{aligned}$$

En los azúcares fermentezibles existe un factor de conversión de azúcar fermentezible al 51% que se produce en el volumen de alcohol a producir:

$$\frac{2871.00 \left(\frac{kg}{h}\right) \cdot 0.51}{h}$$

---

$h$

$$h = 2871.00 \left( \frac{1}{h} \right) * 0.51$$

(

$$h = 1464.21 \left( \frac{1}{h} \right)$$

)

$$h = 1464.21 \left( \frac{h}{h} \right)$$

En donde:

: ú

$$h : 0,51 \quad \text{ó} \quad \frac{\text{---}}{h}$$

Ahora se procedera a calcular la masa de agua por un sistemas de ecuaciones entre la masa de melaza que entra al sistema con la los grados brix que entra y sale del sistema.

### Producción de mosto

$$* \quad \text{ó} \quad \text{ú} \quad [^\circ] \\ = ( \text{ú} + [^\circ] ) * \quad \text{ó}$$

Despenjando:

$$= \frac{* \quad \text{ó} \quad \text{ú}}{\text{---}} - \left[ \frac{\text{---}}{h} \right]$$

$$\begin{aligned} & [^\circ] \\ & \text{ú} \quad [^\circ \quad \text{ó}] \\ & = \frac{6.38 * 28}{10} - 6.38 \left[ \frac{\text{---}}{h} \right] \\ & = 11.48 \left[ \frac{\text{---}}{h} \right] \end{aligned}$$

]

Esta masa de agua es la entra al primer sistema de enfriamiento de mosto, que resulta de la primera etapa de proceso de fermentación. Después de este paso de obtiene masa del mosto del primer proceso de fermentación al proceso.

Entonces se aprecia que:

---

$$\Sigma \quad = \Sigma$$

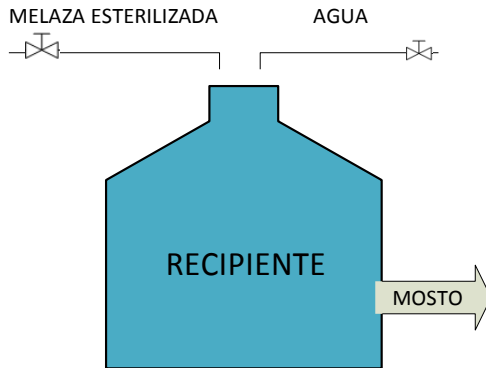
$$+ \quad =$$

-

$$6.38 \left[ \frac{\quad}{h - \tilde{n}} \right] + 11.48 \left[ \frac{\quad}{h} \right] =$$

$$17.86 \left[ \frac{\quad}{h} \right] =$$





ESQUEMA GENERAL DE PROCESO DE FERMENTACIÓN

El porcentaje de producción específica de alcohol tiene un porcentaje estandarizado de 51.10% del peso total de los azúcares fermentables. Por lo cual se obtiene la producción específica de alcohol:

$$h = \frac{ú}{h} * 0.5110 \left[ \frac{h}{h} \right]$$

( ) [

$$h = 2871.00 * 0.5110$$

$$h = \frac{h}{h}$$

1467.081 [

**Cálculo del flujo térmico generado en fermentación del mosto actuales**

La masa molar del alcohol etílico es el compuesto químico etanol, conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78,4 °C.

$$ar \quad a \quad tí = 46,07 \left( \frac{h}{h} \right)$$

Entonces:

$$\begin{aligned}
 & h \\
 & = \left[ \frac{h \left( \frac{h}{h} \right)}{h \quad i \quad ( \quad )} \right] \frac{h}{h} \\
 & = \left[ \frac{h \quad \frac{1467.081}{46,07}}{h} \right] \frac{h}{h} \\
 & = 31.84 \left[ \frac{h}{h} \right]
 \end{aligned}$$

Luego el flujo térmico en fermentación del mosto se da por medio del flujo se da por medio del flujo molar de alcohol producido por el calor unitario del mosto.

El calor unitario en la fermentación del mosto es:

$$[65270 \frac{h}{h}]$$

Entonces la ecuación es la sgte.:

$$\begin{aligned}
 & = \quad h \quad * \quad \overline{[h]} \\
 & = 31.84 * 65270 \left[ \frac{h}{h} \right] \\
 & = 2078497.436 \left[ \frac{h}{h} \right]
 \end{aligned}$$

Por consiguiente el flujo térmico en fermentación del mosto:

=

---

2078497.436

$$\frac{\quad}{3600} [ \quad ]$$

$$= 577.36 [ \quad ]$$

Y por lo tanto el calor general que produce el alcohol dentro de manera general es de 577.36 Kw, pero como existen 10 dornas de 28m<sup>3</sup>, el calor de fermentación del mosto se dividirá en cada tanque de almacenamiento la misma cantidad correspondiente, que en este caso es de:

$$\frac{577.36}{10} [ \quad ]$$

$$=$$

$$=$$

$$57.73 [ \quad ]$$

Para poder facilitar el calor de fermentación unitario del calor se aproxima:

$$= 57.73 [ \quad ] \approx$$

$$60.00 [ \quad ]$$

A partir de el calor unitario de fermentacion del mosto, se obtiene realiza todos los cálculos correspondientes.

La temperatura inicial propuesta es de 33°C y la de salida es de es de 30°C que sale del tanque de almacenamiento en donde se producirá. **DE LA TABLA 1.1** se puede calcular el % de rendimiento de producción con los valores de entrada salida de enfriamiento del mosto:

$$\% \quad I I \quad = 128.8108 - 1.0868^{\circ} \quad A I A$$

$$\% \quad I I \quad = 128.8108 - 1.0868 * 30^{\circ}$$

$$\% \quad I I \quad = 96.20\%$$

Actualmente la producción de alcohol en la planta de alcohol sería de 96.20% por enfriamiento forzado por agua fría.

---

con esta baja de temperatura propuesta. El rendimiento la producción de alcohol sería no mas que la resta entre el rendimiento actual con el rendimiento forzado.

$$\% \text{ I I } - I = \% \text{ I I } - \% A \text{ A}$$

---


$$\% \quad I I \quad = 96.20\% - 92.94\%$$

$$\% \quad I I \quad = 3.26\%$$

La producción aumenta 3.36% lo cual nos dice que hay ganancias en la empresa a una inversión propuesta.

**Densidad del mosto**

$$= 1012 \frac{—}{3}$$

$$- \quad = 3.88 \left[ \frac{—}{*} \right.$$

$$\left. \circ \right]$$

**3. DIMENSIONAR EL ENFRIAMIENTO DE PLACAS.**

DATOS DE ENTRADA:

Q-unitario de tanque de almacenamiento: 60 Kw

Temperatura de entrada de mosto al tanque de almacenamiento: 33°C

Temperatura de salida del mosto al tanque de almacenamiento: 30°C

Calor específico a presión constante del mosto - Cp: 3.88 KJ/kg-°C

Temperatura de entrada de agua al tanque de almacenamiento: 33°C

Temperatura de entrada de agua al tanque de almacenamiento: 28°C

Calor específico a presión constante del agua - Cp: 4.187 KJ/kg-°C

Temperatura de entrada de aire: 25 °C

Temperatura de salida de aire: 35 °C

Humedad relativa del aire de entrada: 85%

Humedad relativa del aire de entrada: 95%

Datos específicos por laboratorio de área de destilería.

Caudal de entrada al sistema: 40 m³/h

Densidad del fluido del mosto: 1012 kg/m

**ENFRIADOR DE PLACAS**

temperaturas media logarítmicas:

$$\Delta = \left[ \frac{\Delta^{\circ} - \Delta^{\circ}}{\frac{1}{\Delta^{\circ}}} \right] [^{\circ}\text{C}] \dots \dots \dots (12)$$

$$\Delta = \left[ \frac{(33 - 28) - (33 - 30)}{\left( \frac{33 - 28}{33 - 28} \right) \left( \frac{33 - 30}{33 - 30} \right)} \right] [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta = 3.92 [^{\circ}\text{C}]$$

NTU (Número de Unidades de Transferencia de Calor):

$$\begin{aligned}
 &= \frac{t_1 - t_2}{\Delta T} \dots \dots \dots (13) \\
 &= \frac{33 - 30}{3.92} \\
 &= 0.765 \\
 &= \frac{33 - 28}{3.92} \\
 &= 1.28
 \end{aligned}$$

Para la lectura del coeficiente de convección del lado del agua se aproxima a 1 centipoise (cP) en la cual se debe de **VER LA TABLA 1.2** por el lado caliente y frío del número de unidades de transferencia de calor. Y asumiendo una caída de presión máxima permitida en este equipo de 15 psi, encontramos que:

lectura coeficiente convección lado agua: por tabla. [ $\alpha$  ]. **VER TABLA**

**1.2**

lectura coeficiente convección lado viscoso: por tabla. [ $\alpha$  ]. **VER TABLA**

**1.2**

el coeficiente de convección es de 2800 btu/h-pie<sup>2</sup>.°F

transformado a Kcal/h-m<sup>2</sup>.°C resulta:

$$\alpha = 2800 \frac{\text{btu}}{\text{h} \cdot \text{pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}} * 4.8825 = 13671 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Con este dato se realizó el cálculo del coeficiente total de transferencia de calor :



---


$$= \frac{1}{\left[ \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha} \right]} \dots \dots \dots (14)$$

$$\left[ \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha} \right] \text{ [h. } ^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}]$$

$$= \frac{1}{\left[ \frac{1}{13671} + \frac{1}{13671} \right]} \text{ [h. } ^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}]$$

$$= 6835.5 \left[ \frac{\text{h.}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{h.}} \right]$$

Luego para el cálculo de la superficie de calefacción :

$$= \frac{Q}{U \cdot \Delta T} \quad (15)$$

Para la masa de agua se toma el mismo calor unitario del calor de cada tanque de almacenamiento; por lo tanto se considera que es Q-unitario = 60 Kw

**Balances de energía para sistemas cerrados (masa fija)**

$$= \dots \cdot \Delta^\circ \dots \dots \dots (16)$$

$$= \frac{60 \cdot 10^3}{4,187 \cdot (33 - 28)}$$

$$= 2,86 \dots /$$

$$= 10317,65 \dots /h$$

$$= 10,31 \dots^3/h$$

Entonces:

$$= \frac{10317,65 \cdot (33 - 30)}{6835,5 \cdot 3,92} \quad ( \dots^2 )$$

$$= 1,15 \dots^2$$

Del catálogo del intercambiadores de calor la tabla 1.3. se considera que la superficie de placas máx es de 0.04 m<sup>2</sup> y el número de placas máxima es de 125 placas.

## Ecuación de de calor

Se considera nuevamente el cálculo para todo el sistema en general por los sgtes. Motivos:

- El flujo másico de entrada de fluido de mosto es una variable que no se puede controlar en la presente tesis, por que esa es su estimación de caudal que la empresa produce.
- Solamente en este sistema considera la producción con diferente temperatura, a la cual produce pérdidas por mal enfriamiento del mosto.

Considerando estos punto de entrada, se obtiene lo sgte.:

$$= \text{-----}$$

En donde:

$$= *$$

$$= 1012 *$$

$$40$$

$$= 40480$$

$$h$$

$$= 11,24$$

Entonces el calor útil es:

$$\dot{q} = * * \Delta^{\circ} *$$

$$\% \quad I \quad I \quad -$$

$$\dot{q} = 11,24 * 3.88 * (33 - 30) *$$

$$0,9620$$

$$\dot{q} =$$

---

125,86

Con el calor útil podemos calcular la parte de la cantidad de masa:

$$= \quad , \quad * \quad , \quad * \Delta h \quad , \quad \dots \dots \dots$$

... (17)

$$\dot{u} = \quad * \quad * \Delta h$$

$$= \frac{\dot{u}}{\quad * \Delta^\circ}$$

$$= \frac{125,86}{4.187 * (33 - 28)}$$

$$= 6,01 \text{ —} = 21643,32 \frac{\text{—}}{\text{h}} = 21,64 \frac{\text{—}^3}{\text{h}} = 0,0060 \text{ —}^3$$

#### 4. DIMENSIONAR TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN DE FLUIDO:

##### A.) MOSTO

Datos de entrada:

Qu-de 1 tanque de almacenamiento: 60 Kw

Densidad de mosto: 1012 Kg/m<sup>3</sup>

Calor específico a presión constante-Cp: 3.88 KJ/Kg\*°C

Temperatura de entrada de mosto: 33°C

Temperatura de salida de mosto: 30°C

Velocidad promedio de succión de bombas: 1.5m/s

Altura total del sistema: 6m

Altura sobre el eje de la bomba (hs): 0.60m

Succión total del sistema (promedio): 0.0050m

Primero se procede a calcular la masa de mosto de un tanque de almacenamiento con la siguiente.

Ecuación de balance de masas:

$$\dot{m} \text{ —}^{-1} = \frac{\text{—}}{\text{—} * \Delta^{\circ}}$$

$$= \frac{\dot{m} \text{ —}^{-1}}{\text{—} * \Delta^{\circ}}$$

$$= \frac{60}{3.88 * (33 - 30)} \text{ —}^{-1}$$

$$= 5.15 \text{ —} = 18556.70 \frac{\text{—}}{\text{h}} = 18.55 \frac{\text{—}^3}{\text{h}} = 0.00515 \text{ —}^3 = 5.15$$

La masa del mosto se aplica por un factor de seguridad por intermedio de cálculos.

$$= \text{—} = 18.55$$

---

$$h^3 \approx 20 h^3$$

—

**Ecuación general de energía:** Ésta es la forma de la ecuación de la energía que emplearemos con mayor frecuencia. Igual que en la ecuación de Bernoulli, cada término de la ecuación representa una cantidad de energía por unidad de peso de fluido que circula por el sistema. Las unidades comunes del SI son N\*m/N, o metros.

$$\frac{z_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_f - h_L = \frac{z_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \dots \dots \dots (18)$$

En donde:

$$\frac{z_1}{\gamma} = \dots \dots \dots \text{ ó } \dots \dots \dots$$

$$= \dots \dots \dots$$

$$\frac{v_1^2}{2g} = \dots \dots \dots$$

$$2g = \dots \dots \dots$$

$$h_A = \dots \dots \dots$$

$$h_f = \dots \dots \dots \text{ é } \dots \dots \dots$$

$$h_L = \dots \dots \dots \text{ é } \dots \dots \dots \text{ í } \dots \dots \dots$$

Con las consideraciones de la ecuación general de energía se puede definir que:

- a. Existen pérdidas despreciables de presiones por que están a la atmósfera.
- b. No hay existen en el sistema un motor que accione al sistema, sólo existe motor en la bomba hidráulica en la que bombea el fluido.
- c. La velocidad inicial se considera cero porque parte en reposo.

Con estas consideraciones se halla la pérdida total de conducción de fluido de mosto

En el plano general de conducción de mosto se considera que existe pérdidas de fricción de tuberías que son:

	Cantidad	Le/D
Codos 90°	7	30
Válvula check	1	150
Válvula de compuerta – abierta por completo	3	8

Las pérdidas de longitud equivalente de diámetro de tubería (Le/D). **VER TABLA 1.8.**

La suma total de pérdidas son la multiplicación de los números de accesorios que contiene el sistema por la longitud equivalente de cada accesorio.

$$= (7 * 30 + 1 * 150 + 3 *$$

$$8) * 0.1$$

=

$$38.4$$

Para el cálculo de longitud de tramos rectos se puede observar del plano general de conducción de mosto 1.1 de mosto se suman todos lo lados rectos del sistema que se está realizando.

$$= 1000 + 600 + 1000 + 3000 + 1000 + 700 + 3000 + 8500 + 200 ( )$$

$$= 19500 ( ) =$$

$$19.500$$

Con las longitudes equivalentes de accesorios y lados rectos se puede halla la longitud total equivalente:

$$\dots \dots \dots (19) \quad ( ) = \sum_{=1} + \sum_{=1} * \dots$$



---

$$- = +$$

$$- = 58.8$$

**Pérdidas de presión total**

$$\Delta h_A = \sum_{i=1}^n h_{f,i} + \sum_{j=1}^m h_{s,j} \dots \dots \dots (20)$$

( ) = é

**Ecuación de Darcy**

$$\Delta h = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D} \dots \dots \dots (21)$$

$\Delta h =$        $h_f$        $h_s$

$=$        $h_f$        $h_s$        $h_{s,2}$        $h_{s,3}$

$=$       **. VER TABLA 1.4.**

$=$

$=$

Para halla el diametro interior, utilizamos la formula de caudal:

$$Q = \dots \dots \dots (22)$$

$$\sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} =$$

$$\sqrt{\frac{4 \cdot 0.00515}{\pi \cdot 1.5}} =$$

$$0.06612 =$$

$$= 66.12 \text{ mm} = 2.6''$$

Para el calculo de tubería principal se tiene que acomodar el diámetro a condiciones del mercado,

---

en este caso se llega a 4”.

Para poder realizar el la variación de presión total se tiene que hallar el número de reynolds acorde al sistema. Para la viscosidad dinámica del mosto a temperatura media que es 31.5°C se considera del alcohol etílico por que el mosto, es un derivado del mismo. En conclusión la viscosidad dinámica del alcohol es  $1.00 \cdot 10^{-3}$  Pa.s. **VER TABLA 1.5.**

Con estas consideraciones se puede calcular el número de reynolds:

$$= \frac{1.5 * 0.06612 * 1012}{1.00 * 10^{-3}} \dots \dots \dots (23)$$

$$= 100370.3$$

Por el número de reynolds se considera que el flujo es turbulento.

Entonces para el factor de fricción se calcula por la stge. Ecuación:

$$= \frac{0.25}{\left[ \frac{1}{3.7 * (\dots)} + \frac{5.74}{0.9} \right]^2} \dots \dots \dots (24)$$

La rugosidad de los materiales D/e. **VER TABLA 1.6.** que es en este caso de acero comercial o soldado que es  $1.5 \cdot 10^{-4}$

Con estos datos, realizamos el cálculo de factor de fricción:

$$= \frac{0.25}{\left[ \frac{1}{3.7 * (1.5 * 10^{-4})} + \frac{5.74}{100370.3^{0.9}} \right]^2}$$

$$= 0.02358$$

Reemplazando en la ecuación general de darcy:

$$\Delta = \frac{0.02358 * 58.8 * 1.5^2 * 1012}{2 * 0.06612}$$

$$\Delta = 23873.78711 = 23873.78711 * 10^{-5} = 0.2387 * 10 = 2.39 \text{ .}$$

2.39

Entonces para calcular la variación de presión total del sistema:

$$\Delta_A = \Delta_{ar} + \Delta_a + \Delta_l + \dots$$

(25)

Por consideraciones de intercambiadores de placas se considera que máximo es de 0.60 bares en pérdida de presión que en total es 6 m.c.a.

$$\Delta_A = 2.39 + 6 + 6$$

$$\Delta_A = 14.39 \text{ . . .}$$

Por cálculos se utiliza un factor de seguridad (1.15) resulta 16.3645 m.c.a. que les la altura activa del sistema.

Del catálogo de hidrostal, por la curva característica que más se acomoda con la altura requerida con el caudal del sistema de bombeo se obtiene que se puede realizar la potencia de la bomba requerida. ver tabla **TABLA DE SELECCIÓN DE BOMBA A.2**

Potencia de la bomba: 3 HP=2.238 Kw

% de bomba=62%

Hp de pérdidas de succión estándar: 0.0050m

Se procederá a calcular la altura neta disponible para poder saber si cavita o no cavita la bomba.

=

---

$$\frac{10^5}{1012 * 9.81}$$

$$+ 0.60$$

$$0.0050$$

$$10.67$$

=

Esto quiere decir que

>

$$10.67 > 2.39$$

---

Por lo tanto la bomba no cavitará.

**Potencia requerida por el motor eléctrico.**

$$= \frac{\dots}{* * \dots} \dots \dots \dots (26)$$

Donde:

- =  $h$  á
- :  $\dot{a}$  . VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.
- :  $\acute{e}$  . VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.
- : . VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.

$$= \frac{2.238}{0.98 * 0.97 * 0.95}$$
$$= 2.478$$

Dimensionamiento de cables de tensión del sistema:

Caída de tensión de conductores:

$$\Delta = 1.5\% * \dots \dots \dots (27)$$

Donde la tensión nominal del motor es 440V

Tenemos:

$$\Delta = 1.5\% * 440 \dots \dots \dots (28)$$

$$\Delta = 6.6$$

Corriente nominal:

$$= \frac{\dots}{\emptyset * \dots} \dots \dots \dots (29)$$

**VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

$$= \frac{2.478 * 10^3}{0.86 * 440}$$

$$= 6.55$$

Resistencia de conductores:

$$= \frac{\Delta}{\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots} \dots \dots \dots (30)$$

$$= \frac{6.6}{6.55}$$

$$= 1.007 \Omega$$

La sección transversal del conductor es:

$$= \frac{*}{\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots} \dots \dots \dots (31)$$

Donde la resistividad del cobre es  $= 0.0175 \frac{\Omega *}{^2}$ . **VER TABLA 1.7.**

$$= \frac{40 * 0.0175}{1.007}$$

$$= 0.70 \quad ^2$$

Del catálogo de Indeco seleccionamos el calibre NYY 3-1\*70 mm<sup>2</sup> enterrado a una corriente nominal de 282 A. **VER TABLA DE SELECCIÓN A.3.**

Donde se cumple que:

$$\left( \frac{\dots}{\dots} \right) \gg \left( 70 \frac{282}{2} \gg 0.70 \right)_2$$

Se establece el diagrama unifilar del motor de por parte del mosto para accionar la bomba hidráulica. **VER DIAGRAMA UNIFILAR B.1. y DIAGRAMA GENERAL DE DISTRIBUCIÓN – LADO MOSTO B.4.**



## B.) AGUA

Datos de entrada:

Qu-de 1 tanque de almacenamiento: 60 Kw

Densidad de agua: 1000 Kg/m<sup>3</sup>

Calor específico a presión constante-Cp: 4.187 KJ/Kg\*°C

Temperatura de entrada de mosto: 33°C

Temperatura de salida de mosto: 28°C

Numero de tanques a funcionamiento: 5

Numero de lados por funcionamiento: 2

Velocidad promedio de succión de bombas: 1.5m/s

Altura total del sistema: 6m

Altura sobre el eje de la bomba (hs): 0.60m

Succión total del sistema (promedio): 0.0050m

$\varphi_h$  = 80% a temperatura de agua 25°C. **VER TABLA 1.9. TABLA**

### PSICOMETRICA

= 0.0185

$\varphi_h$  = 95% a temperatura de agua 35°C. . **VER TABLA 1.9. TABLA**

### PSICOMETRICA (asumido)

Primero se procede a calcular la masa de agua de un tanque de almacenamiento con la siguiente.

Ecuación de balance de masas:

$$\begin{aligned}
 & \dot{m} = \rho \cdot Q \cdot \Delta T \\
 & = \frac{60 \cdot 10^3}{4.187 \cdot (33 - 28)} \\
 & = \frac{60 \cdot 10^3}{4.187 \cdot 5} = 103176.50
 \end{aligned}$$

---

$$h = 103.176 \quad h = 0.02866 \quad = \frac{28.6}{6} \quad \text{—}$$

La masa del mosto se aplica por un factor de seguridad por intermedio de cálculos.

$$= \frac{3}{h} \approx 105 \frac{3}{h}$$

103.176

Del plano general del conducción de agua 1.2

**Ecuación general de energía:** Ésta es la forma de la ecuación de la energía que emplearemos con mayor frecuencia. Igual que en la ecuación de Bernoulli, cada término de la ecuación representa una cantidad de energía por unidad de peso de fluido que circula por el sistema. Las unidades comunes del SI son N\*m/N, o metros.

$$\frac{z_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_p - h_f - h_m = \frac{z_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

En donde:

$$\frac{z_1}{\gamma} = \text{ó}$$

$$=$$

$$\frac{z_2}{\gamma} =$$

$$2g$$

$$h_A =$$

$$h = \text{é}$$

$$h = \text{é} \quad \text{í}$$

Con las consideraciones de la ecuación general de energía se puede definir que:

- d. Existen perdidas despreciables de presiones por que están a la atmósfera.
- e. No hay existen en el sistema un motor que accione al sistema, sólo existe motor en la bomba hidráulica en la que bombea el fluido.

---

f. La velocidad inicial se considera cero porque parte en reposo.

---

Con estas consideraciones se halla la perdida total de conducción de fluido de mosto

En el plano general de conducción de mosto se considera que existe pérdidas de fricción de tuberías que son:

	Cantidad	Le/D
Codos 90°	73	30
Válvula check	1	150
Válvula de compuerta – abierto por completo	21	8

Las pérdidas de longitud equivalente de diámetro de tubería (Le/D). **VER TABLA 1.8.**

La suma total de pérdidas son la multiplicación de los números de accesorios que contiene el sistema por la longitud equivalente de cada accesorio.

$$= (73 * 30 + 1 * 150 + 21 *$$

$$8) * 0.1$$

=

$$250.8$$

Para el cálculo de longitud de tramos rectos se puede observar del plano general de conducción de mosto 1.1 de mosto se suman todos lo lados rectos del sistema que se está realizando.

$$= 21000 * 2 +$$

$$222000 ( )$$

$$= 264000 ( ) =$$

$$264.000$$

Con las longitudes equivalentes de accesorios y lados rectos se puede halla la longitud total equivalente:

---

Con estas consideraciones se halla la perdida total de conducción de fluido de mosto

$$\left( \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i} + \sum_{j=1}^m \frac{1}{k_j} *$$
$$- = +$$
$$- =$$

258.8

**Pérdidas de presión total**

$$\Delta p_A = \sum_{i=1}^n h_{f,i} + \sum_{j=1}^m h_{s,j}$$

( ) =

**Ecuación de Darcy**

$$\Delta p = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

$$\Delta p = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

=

=

=

=

ó

ó

ó

ó

ó

**VER TABLA 1.4.**

=

Para hallar el diámetro interior, utilizamos la fórmula de caudal:

$$Q = v \cdot A$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0.02866}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}$$

$$0.1560 = \frac{0.02866}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}$$

---

$$= 156 \quad = 6.14''$$

**Pérdidas de presión total**

Para el cálculo de tubería principal se tiene que acomodar el diámetro a condiciones del mercado, en este caso se llega a 8".



Para poder realizar el la variación de presión total se tiene que hallar el número de reynolds acorde al sistema. Para la viscosidad dinámica del agua a temperatura media que es 30.5°C se considera en conclusión la viscosidad dinámica del alcohol es  $7.918 \cdot 10^{-4}$  Pa.s. **VER TABLA 1.3.**

Con estas consideraciones se puede calcular el número de reynolds:

$$= \frac{1.5 * 0.156 * 1000}{7.918 * 10^{-4}}$$

$$= 295529.174$$

Por el numero de reynolds se considera que el flujo es turbulento.

Entonces para el factor de fricción se calcula por la stge. Ecuación:

$$= \frac{0.25}{\left[ \frac{1}{3.7 * \left(\frac{1}{295529.174}\right)} + \frac{5.74}{0.9} \right]^2}$$

La rugosidad de los materiales D/e se extrae de la tabla 1.12 que es en este caso de acero comercial o soldado que es  $1.5 \cdot 10^{-4}$

Con estos datos, realizamos el cálculo de factor de fricción:

$$= \frac{0.25}{\left[ \frac{1}{3.7 * (7.918 * 10^{-4})} + \frac{5.74}{295529.174^{0.9}} \right]^2}$$

$$= 0.02359$$

Reemplazando en la ecuacion general de darcy:

$$\Delta = 0.02359 * 514.8 * 1.5^2 * 1000$$

---

2

\*

0

.

1

5

6

0

$$\Delta = 87577.875 = 87577.875 * 10^{-5} = 0.8758 * 10 = 8.76$$

8.76

Entonces para calcular la variación de presión total del sistema:

$$\Delta_A = \Delta_{ar} + \Delta_a + \Delta_l + \Delta_s$$

Por consideraciones de intercambiadores de placas se considera que máximo es de 0.60 bares en pérdida de presión que en total es 6 m.c.a.

$$\Delta_A = 8.76 + 6 + 6$$

$$\Delta_A = 20.76$$

Por cálculos se utiliza un factor de seguridad (1.15) resulta 22.1605 m.c.a. que les la altura activa del sistema.

Del catálogo de hidrostal, por la curva característica que más se acomoda con la altura requerida con el caudal del sistema de bombeo se obtiene que se puede realizar la potencia de la bomba requerida. **VER TABLA DE SELECCIÓN DE BOMBA A.4.**

Potencia de la bomba: 10 HP= 7.46 Kw

% de bomba=78%

Hp de pérdidas de succión estándar: 0.0050m

Se procederá a calcular la altura neta disponible para poder saber si cavita o no cavita la bomba.

$$\frac{10^5}{998 * 9.81} + 0.60 - 0.0050$$

=

=

---

10.80

Esto quiere decir que

>

10.79 > 8.76

Por lo tanto la bomba no cavitará.

---

**Potencia requerida por el motor eléctrico.**

$$= \frac{\quad}{* \quad *}$$

Donde:

=

*h* á

: á **VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

: é **VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

: **VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

$$= \frac{7.46}{0.98 * 0.97 * 0.95}$$

$$= 8.26$$

Dimensionamiento de cables de tensión del sistema:

Caida de tension de conductores:

$$\Delta = 1.5\% *$$

Donde la tensión nominal del motor es 440V

Tenemos:

$$\Delta = 1.5\% * 440$$

$$\Delta = 6.6$$

Corriente nominal:

$$= \frac{\quad}{\emptyset *}$$

**VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

$$= \frac{8.26 * 10^3}{0.86 * 440}$$

$$= 21.83$$

---

Resistencia de conductores:

$$\begin{aligned} &= \frac{\Delta}{\quad} \\ &= \frac{6.6}{21.83} \\ &= 0.3023 \Omega \end{aligned}$$

La sección transversal del conductor es:

$$= \frac{*}{\quad}$$

Donde la resistividad del cobre es  $= 0.0175 \frac{\Omega *}{\quad}^2$ . **VER TABLA 1.7.**

$$\begin{aligned} &= \frac{20 * 0.0175}{0.3023} \\ &= 1.16 \quad ^2 \end{aligned}$$

Del catálogo de Indeco seleccionamos el calibre NYY 3-1\*70 mm<sup>2</sup> enterrado a una corriente nominal de 282 A. **VER TABLA DE SELECCIÓN A.5.**

Donde se cumple que:

$$\left( \frac{\quad}{\quad} \right) \dot{a} \gg \left( 70 \frac{282}{2} \gg \frac{21.83}{1.16} \right)$$

Se establece el diagrama unifilar del motor de por parte del mosto para accionar la bomba hidráulica. **VER DIAGRAMA UNIFILAR B.2. y DIAGRAMA GENERAL DE DISTRIBUCIÓN – LADO AGUA**

**B.5.**

**Potencia requerida por el motor eléctrico del agua de reposición.**

**Torres de enfriamiento (Torres por tiro forzado)**

**Ecuaciones para torre de enfriamiento.**

**Entalpía de aire**

$$h = 1.0045 * \text{°} + x * ( 2510 + 1.886 * \text{°} ) [ \text{kJ/kg} ] \dots \dots \dots$$

(32)

Donde:

$x$  :  $\frac{\text{kg agua}}{\text{kg aire}}$  ó [2510,5]  
 $\text{°}$  : [°C]

Se calcula a continuación las entalpías de torre de enfriamiento, por motivos de calcular más adelante los costos operacionales del sistema.

$\varphi_h = 80\%$  a temperatura de agua 25°C. . **VER TABLA**

**1.9. TABLA**

**PSICOMETRICA**

=

0.0185

$$h = 1.0045 * 25 + 0.0185 * (2510 + 1.886 * 25)$$

$$h = 72.42$$

/

$\varphi_h = 95\%$  a temperatura de agua 35°C. **VER TABLA**

**1.9. TABLA**

---

**Entalpía de aire**

=

0.0346

$$h = 1.0045 * 35 + 0.0346 * (2510 + 1.886 * 35)$$

$$h = 124.287$$

/

Flujo másico de agua de reposición: es la masa de agua que se evapora para determinar la cantidad de agua a reponer en la torre de enfriamiento primero se debe determinar el flujo másico de aire seco:



$$= \frac{28.66 * (137.94 - 117.04)}{(1 + 0.0346) * 124.287 - (1 + 0.0185) * 72.42 - (0.0346 - 0.0185) * 83.74} \dots (33)$$

Donde:

$$h = 4.18 * 33 = 137.94 \text{ /}$$

$$h = 4.18 * 28 = 117.04 \text{ /}$$

Para la entalpia de agua de reposición

El agua de reposición ingresa a condiciones ambientales, fría, es decir: a 20°C, por lo tanto la entalpia de agua de reposición seria:

$$h = 4.187 * 20 = 83.74$$

$$= \frac{28.66 * (137.94 - 117.04)}{(1 + 0.0346) * 124.287 - (1 + 0.0185) * 72.42 - (0.0346 - 0.0185) * 83.74}$$

$$= 11.20$$

El flujo másico de agua de reposición seria:

$$\dot{m} = \frac{11.20 * (0.0346 - 0.0185)}{0.18032} = 649.52 \frac{3}{h} = 0.65 \frac{3}{h} = 0.00018 \frac{3}{h} = 0.18 \approx 0.20$$

Del catálogo de hidrostal, por la curva característica que más se acomoda con la altura requerida con el caudal del sistema de bombeo se obtiene que se puede realizar con la potencia de la bomba requerida

**VER TABLA DE SELECCIÓN DE BOMBA A.6.**

---

Potencia de la bomba: 0.2 HP= 0.1492 Kw

% de bomba=25%

---

**Potencia requerida por el motor eléctrico de potencia de masa de reposición.**

$$= \frac{\quad}{* \quad *}$$

Donde:

$$= \quad h \quad \acute{a}$$

:  $\acute{a}$  **VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

:  $\acute{e}$  **VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

: **VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

De la tabla 1.13 se obtiene los rendimiento requeridos del sistema.

$$= \frac{0.1492}{0.98 * 0.97 * 0.95}$$
$$= 0.16$$

Dimensionamiento de cables de tensión del sistema:

Caida de tension de conductores:

$$\Delta = 1.5\% *$$

Donde la tensión nominal del motor es 440V

Tenemos:

$$\Delta = 1.5\% * 440$$

$$\Delta = 6.6$$

Corriente nominal:

$$= \frac{\quad}{\emptyset *}$$

**VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

$$= \frac{0.16 * 10^3}{0.86 * 440}$$

$$= 0.423$$

Resistencia de conductores:

$$= \frac{\Delta}{}$$

$$= \frac{6.6}{0.423}$$

$$= 15.60 \Omega$$

La sección transversal del conductor es:

$$= \frac{*}{}$$

Donde la resistividad del cobre es  $= 0.0175 \frac{\Omega * }{^2}$ . **VER TABLA1.7.**

$$= \frac{20 * 0.0175}{15.60}$$

$$= 0.03 \quad ^2$$

Del catálogo de Indeco seleccionamos el calibre NYY 3-1\*6 mm<sup>2</sup> enterrado a una corriente nominal de 72 A.

Donde se cumple que:

$$\left( \begin{array}{c} ) \\ ) \end{array} \right) \hat{a} \gg \left( \begin{array}{c} 72 \\ 2 \end{array} \right) \gg \left( \begin{array}{c} 0.423 \\ 0.03 \end{array} \right) \quad ^2$$

---

## Potencia requerida por el motor eléctrico de potencia de sistema de iluminación

$$= \frac{\quad}{\quad * \quad}$$

Donde:

$$= \quad = 2$$

$$: \quad \acute{o}$$

:

**VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

$$= \frac{2}{0.80 * 0.98}$$
$$= 2.55$$

Dimensionamiento de cables de tensión del sistema:

Caída de tensión de conductores:

$$\Delta = 1.5\% *$$

Donde la tensión nominal del motor es 440V

Tenemos:

$$\Delta = 1.5\% * 440$$

$$\Delta = 6.6$$

Corriente nominal:

$$= \frac{\quad}{\quad * \quad}$$

**VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**

$$= \frac{2.55 * 10^3}{0.86 * 440}$$
$$= 6.74$$

Resistencia de conductores:

$$= \frac{\Delta}{\frac{6.6}{6.74}}$$

$$= 0.98\Omega$$

La sección transversal del conductor es:

$$= \frac{*}{\quad}$$

Donde la resistividad del cobre es  $= 0.0175 \frac{\Omega *}{\text{m}^2}$

$$= \frac{20 * 0.0175}{0.98}$$

$$= 0.36 \text{ m}^2$$

Del catálogo de Indeco seleccionamos el calibre NYY 3-1\*6 mm<sup>2</sup> enterrado a una corriente nominal de 72 A. **VER TABLA DE SELECCIÓN A.7.**

Donde se cumple que:

$$\left( \frac{72}{6} \right) \gg \left( \frac{6.74}{0.36} \right)$$

**Potencia requerida por el motor eléctrico para en accionamiento de ventiladores**

$$= \frac{\quad}{* \quad *}$$

Donde:

$$= \quad = 5.5$$

: á **VER TABLA DE SELECCIÓN DE MOTOR A.1.**



---

La sección transversal del conductor es:

$$= \frac{*}{}$$

Donde la resistividad del cobre es  $= 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{m}}{\text{mm}^2}$ . **VER TABLA 1.7.**

$$= \frac{20 * 0.0175}{0.32}$$
$$= 1.09 \text{ mm}^2$$

Del catálogo de Indeco seleccionamos el calibre NYY 3-1\*6 mm<sup>2</sup> enterrado a una corriente nominal de 72 A. **VER TABLA DE SELECCIÓN A.7.**

Donde se cumple que:

$$\left( \frac{I_n}{I_{n,c}} \right) \geq \left( \frac{I_{n,c}}{I_{n,c}} \right)$$

El diagrama unifilar del agua en torre de enfriamiento se puede apreciar en **VER DIAGRAMA UNIFILAR B.3.**



---

## 5. DIMENSIONAR Y SELECCIONAR EL SISTEMA DE SOPORTE DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

Para calcular el las vigas con el # de soporte de las vigas solamente en este caso se realiza con la conducción del agua, por estos motivos:

- A. La distancia es de recorrido largo con respecto al sistema de bombeo
- B. El peso de tubería ocasionaría grandes pérdidas y hasta accidentes de operadores
- C. El soporte debe de estar anclado con la base de cimentación

Longitud total de paso que va a soportar las vigas es de 21000 mm y la longitud de largo es de 6000 mm por cada viga.

Se tiene que hallar primero los pesos de tuberías seccionadas al sistema para que no exista cavitación.

La masa total que reparte el fluido del agua es de 28.66 Kg/s

De los cuales existen 5 intercambiadores de calor por lado que trabajan simultáneamente entonces se establece que por cada recorrido que hace el agua se debe de reducir la tubería de conducción de agua por motivos de evitar cavitación.

Considerando esta parte importante del sistema, se obtiene:

$$\frac{28.66}{30} \approx \frac{30}{1000} = 0.03 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

La tubería principal de conducción de calor es de:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 * Q}{\rho * v}}$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 * 0.03}{\rho * 1.5}}$$

$$D_1 = 0.160 \text{ m} = 160 \text{ mm} = 6.29 \text{ inches}$$

Se considera que la primera tubería de entrada al sistema es de 8" de acuerdo a las condiciones del mercado.

Ahora para resolver el diámetro de reducción (si es necesario) se tiene que hacer lo sgte.:

Q-unitario=630 Kw total

Q-unitario=63\*2=126 – por que este sistema funcionan solamente 5 tanques a la vez.

Entonces:

$$\begin{aligned}
 \Delta^{\circ} &= \frac{126}{4.187 * (33 - 28)} \\
 &= 6.02 \text{ —} = 0.006 \text{ —}^3
 \end{aligned}$$

Se realizó esta ecuación para poder hallar la reducción de tubería:

Parte 2:

$$\begin{aligned}
 -2 &= \frac{0.030}{100} - 0.006 \text{ —}^3 \\
 -2 &= 0.024 \text{ —}^3
 \end{aligned}$$

Con este nuevo caudal evaluaremos si es necesario reducir la tubería de conducción:

$$-2 = \sqrt{\frac{4 * 0.024}{100 * 1.5}}$$

---

$$d_2 = 0.142 \text{ m} = 142 \text{ mm} = 5.61 \text{ inches}$$

Con esta evaluación vemos que se reduce la tubería de conducción a 6"

Parte 3:

$$-3 = \frac{3}{0.006} - 0.006$$

0.024

$$-3 = 0.018 \frac{3}{0.006}$$

Con este nuevo caudal evaluaremos si es necesario reducir la tubería de conducción:

$$3 = \sqrt{\frac{4 * 0.018}{1.5}}$$

$$3 = 0.124 \quad = 124 \quad = 4.8''$$

Con esta evaluación vemos que se reduce la tubería de conducción a 6''

Parte 3:

$$-4 = \frac{3}{0.006} - 0.006$$

0.018

$$-4 = 0.012 \frac{3}{0.006}$$

Con este nuevo caudal evaluaremos si es necesario reducir la tubería de conducción:

$$4 = \sqrt{\frac{4 * 0.012}{1.5}}$$

$$4 = 0.100 \quad = 100 \quad = 3.93''$$

Con esta evaluación vemos que se reduce la tubería de conducción a 4''

Parte 4:

---

$$-5$$
$$= 0.012$$

 $3$  $3$  $0$   
 $0$   
 $6$ 

$$-5 = 0.006$$

---

Con este nuevo caudal evaluaremos si es necesario reducir la tubería de conducción:

$$s_5 = \sqrt{\frac{4 * 0.006}{* 1.5}}$$

$$s_5 = 0.071 \quad = 71 \quad = 2.8''$$

Con esta evaluación vemos que se reduce la tubería de conducción a 4''

Con esta evaluación se sabe con certeza cuanto longitud se va a reducir el sistema:

En total se encuentra que :

Existe 1 tubería principal vacía de Ø8'' longitud de 5000 mm

Existe 2 tubería vacía principal de Ø6'' longitud de 8000 mm

Existe 2 tubería vacía principal de Ø4'' longitud de 8000 mm

El peso de cada tubería vacía es:

tubería principal de Ø8'' longitud de 5000 mm=212.75 Kg

tubería principal de Ø8'' longitud área de 5000 mm=3.440 m<sup>2</sup>

tubería principal de Ø6'' longitud de 8000 mm=226.08 Kg

tubería principal de Ø6'' longitud área de 8000 mm=2.232 m<sup>2</sup>

tubería principal de Ø4'' longitud de 8000 mm=128.56 Kg

tubería principal de Ø4'' longitud área de 8000 mm=2.872 m<sup>2</sup>

El peso de cada tubería de agua llena es:

=

---

Con este nuevo caudal evaluaremos si es necesario reducir la tubería de conducción:

\* \*

---

Donde L es longitud. (Ø8")-D=7.98 pulgadas = 0.2027 metros

$$\begin{aligned} &= \\ &0.0323 * 5 \\ &= \\ &0.1615^3 \\ &= \text{————} \\ &= * \\ &= 998 * 0.1615 \\ &= 161.17 \end{aligned}$$

Donde L es longitud. (Ø6")- D=6.07 pulgadas = 0.1542 metros

$$\begin{aligned} &= \\ &0.019 * 8 \\ &_3 = 0.152 \\ &= \text{————} \\ &= * \\ &= 998 * 0.152 \\ &= 151.70 \end{aligned}$$



---

Donde L es longitud. (Ø4")- D=4.03 pulgadas=0.1024 metros  
Donde L es longitud. (Ø8")-D=7.98 pulgadas = 0.2027 metros

=

$$0.0082 * 8$$

$$= \frac{0.066}{3}$$

= \_\_\_\_\_

= \*

$$= 998 * 0.066$$

$$= 65.75$$

Entonces el cálculo de de paso total es el peso vacío de tuberías más el peso lleno de tuberías.

Peso total:

$$2 * (212.75 + 226.08 + 128.56) + 2 * (161.17 + 151.70 + 65.75) = 946.01$$

Como son 2 tuberías de conducción entonces el peso total se multiplica por 2

Quedando el peso total de 1892.02 Kg

$$= 1892.02 \quad *$$

$$9.81$$

$$=$$

$$18560.72$$

#### VER DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN – LADO AGUA B.6.

Con estas consideraciones se empieza a calcular el cálculo de vigas.

**Análisis por pandeo:** El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión. En ingeniería estructural el fenómeno aparece principalmente en pilares y columnas, y se traduce en la aparición de una flexión adicional en el pilar cuando se halla sometido a la acción de esfuerzos axiales de cierta importancia.

**Carga crítica por pandeo:**

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \dots \dots \dots (35)$$

Considerando un factor de seguridad contra pandeo de 3.

---

$$3 = \frac{(\quad)}{18560.72}$$

$$(\quad) =$$

$$55682.16$$

Para el diseño se consideran 4 Vigas cada 6 m en promedio con una altura de 6m, por lo tanto la carga critica unitaria por viga seria:

$$= \frac{(\quad)}{\#} \dots\dots\dots(36)$$

$$= \frac{55682.16}{4}$$

$$= 13920.54$$

En la figura 1.19. se puede apreciar el diagrama de vigas.

Para el momento de inercia se aplica de la sgte. forma.

**Ecuación de Euler:**

$$= \frac{*^2}{*^2} \dots\dots\dots(37)$$

Donde:

=

= ó

[ ] VER TABLA 1.10.

$$= \frac{13920.54 * 6^2}{207 * 10^9 *^2}$$

$$= 2.45 * 10^{-7} \text{ }^4 = 0.245 * 10^{-6} \text{ }^4 = 0.245 * 10^6 \text{ }^4$$

**Radio de giro:** Según la relación de esbeltez para columnas.

$$\leq \frac{1}{100} \dots\dots\dots(38)$$

$$\leq \frac{6}{100}$$

$$= 0.06 = 60$$

Con bajo estos dos criterios la viga seleccionada es de designación W6X15Lb/pie, con las siguientes dimensiones **VER TABLA DE SELECCIÓN A.8. y VER DIAGRAMA DE VIGA DE SOPORTE DE TUBERÍAS B.7.**

**Selección de la viga:** Para la selección correcta de la viga, se deben considerar 2 criterios:

>

<

**Cálculo del sistema de sujección.**

**Dimensionamiento de las placas bases:** Las placas bases serán de las mismas dimensiones y los cálculos se harán con la placa que soporta la mayor carga, que es la placa base inferior. Peso total que soporta la placa base:

$$= \quad + \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots$$

(39)

El peso lineal de la viga es : 134.06 Kg

$$= 134.06 * 9.81 = 1315.13$$

$$= 1315.13 \quad + \quad 13920.54 \quad = \quad 15235.67$$

**Espesor de la placa:** Debido a que la sección de la viga tiene 152.15 mm x 152.15 mm se considerará para la sección de las placas 250mm x 250mm de lado para la parte inferior y en la parte superior se considerará una placa de 1000mm x 500 mm, por que va a coger las 2 tuberías.

**teoría de falla, por el esfuerzo cortante:**

$$\tau = \text{---} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots (40)$$

---

El área de la placa sometida a esfuerzo cortante es:  $A=0.25*t$  , por lo tanto el esfuerzo cortante de trabajo sería:

$$\tau = \frac{15235.67}{0.25 * t} = \frac{60942.68}{t}$$

Esfuerzo cortante máximo de la placa por diseño: las placas bases serán de material ASTM A-36, por lo tanto el esfuerzo de fluencia es 250MPa.

$$\tau_{\acute{a}} = \frac{\sigma}{2}$$

$$\tau_{\acute{a}} = \frac{250 * 10^6}{2} = 125 * 10^6$$

**Factor de seguridad:** debido a que la planta está sometida a constante cambios para cogenerar energía eléctrica, y esto trae consigo el aumento de agua y con ello aumenta su peso, las placas bases serán diseñadas con un factor de seguridad de 5.

$$= \frac{\tau_{\acute{a}}}{\tau} \dots \dots \dots (41)$$

$$5 = \frac{125 * 10^6}{\frac{60942.68}{68}}$$

$$\frac{5 * 60942.68}{125 * 10^6} = 2.43 * 1.3 = 3.16 = 3/16"$$

En la figura se 1.24. se aprecia la dimensiones de la placas inferior.

la parte superior se considerará una placa de 1000mm x 500 mm.

**teoría de falla, por el esfuerzo cortante:**

$$\tau = \frac{F}{A}$$

El área de la placa sometida a esfuerzo cortante es:  $A=0.25*t$  , por lo tanto el esfuerzo cortante de trabajo seria:

$$\tau = \frac{15235.67}{0.25 * t} = \frac{60942.68}{t}$$

Esfuerzo cortante máximo de la placa por diseño: las placas bases serán de material ASTM A-36, por lo tanto el esfuerzo de fluencia es 250MPa.

$$\tau_{\acute{a}} = \frac{\tau}{2}$$

$$\tau_{\acute{a}} = \frac{250 * 10^6}{2} = 125 * 10^6$$

**Factor de seguridad:** debido a que la planta está sometida a constante cambios para cogenerar energía eléctrica, y esto trae consigo el aumento de agua y con ello aumenta su peso, las placas bases serán diseñadas con un factor de seguridad de 5.

$$= \frac{\tau_{\acute{a}}}{\tau} \dots \dots \dots (42)$$

$$5 = \frac{125 * 10^6}{\frac{60942.68}{68}}$$

$$= \frac{5 * 60942.68}{125 * 10^6} = 2.43 * 1.3 = 3.16 = 3/16"$$

Se considera que la plancha superior es de mayor dimension por que va a soportar 2 tubos por las mismas dimensiones.

**Diametro de perno:** Mediante el mismo criterio de las placas, se diseñara los pernos de sujeción de la placa inferior, que serán los mismos para la placa superior.

Fuerza cortante por cada perno: Son 4 pernos por cada placa.

$$= \frac{\tau}{4} \dots \dots \dots (43)$$

$$= \frac{15235.67}{4} = 3808.92$$



**Esfuerzo cortante máximo por diseño del perno:**

$$\tau = \frac{\dots}{2} \dots \dots \dots (44)$$

$$\tau_{\acute{a}} = \frac{250 * 10^6}{2} = 125 * 10^6$$

Factor de seguridad: para un factor de seguridad de 3.

$$\tau = \frac{\tau_{\acute{a}}}{3}$$

**El área transversal de cada perno :**

$$A = \frac{P}{\tau} \dots \dots \dots (45)$$

**Sustituyendo el área en función del diámetro del perno, tenemos:**

$$\frac{P}{4} = \frac{P}{\tau} \dots \dots \dots (46)$$

$$= \sqrt{\frac{4 * P}{\tau}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 * 3 * 3808.92}{125 * 10^6}} = 10.78 = 1/2"$$

Los pernos son normalizados y que son de grado 2. **VER TABLA DE SELECCIÓN A.9.**

**Dimensionamiento de la base de cimentación:** El peso que soportaría la cimentación es el peso de la carga (tubería + agua), peso de las placas y el peso de la viga.

$$= 1315.13$$



$$= 13920.54$$

**Peso de las placas:**

$$= (\gamma_1 * V_1 + \gamma_2 * V_2) \dots \dots \dots (47)$$

En donde:

$$=$$

$$\gamma = \rho * g$$

$$\gamma_1 = 0.250 * 0.250 * 3.162413442 * 10^{-3} = 0.20 * 10^{-3} \text{ } ^3$$

$$\gamma_2 = 1 * 0.500 * 3.162413442 * 10^{-3} = 1.58 * 10^{-3} \text{ } ^3$$

El peso de las placas seria:

$$= (\gamma_1 * V_1 + \gamma_2 * V_2)$$

$$2)$$

$$= (76.5 * 10^3 * 0.20 * 10^{-3} + 76.5 * 10^3 * 1.58 * 10^{-3})$$

$$10^{-3})$$

$$=$$

$$136.17$$

El peso total que soportaría la cimentación, seria:

$$= W_1 + W_2 + \dots \dots \dots$$

$$(48)$$

$$= 1315.13 + 13920.54 + 136.17$$

---


$$= 15371.84$$

**Altura y ancho de los cimientos:** El ancho y la altura de la cimentación se pueden determinar, según la formula es:

$$h = \frac{\sigma_{(49)} - \gamma}{\dots * \dots \dots \dots}$$

$$= \quad , \quad \acute{a} \quad \frac{\bar{\quad}}{2} \quad =$$

$$(\sigma \quad) \quad = 380 \quad ( \quad )$$

**VER TABLA 1.12**

$\gamma = 22-3$  (Peso específico promedio para terrenos)

$$^2 = \frac{15371.84}{380 * 10^3 - 22 * 10^3 * \frac{\quad}{2}}$$

Por ecuacion de 3er grado se calcula en b y se obtiene que:

$$= 0.230 \quad = 230 \quad \approx 250$$

En la figura 1.27 de bases de cimentacion se puede observar.

**Verificación de la base de concreto:**

$$\sigma < (\sigma \quad) \quad \dots\dots\dots$$

$$(50)$$

$$\text{---} < 380 * 10^3$$

$$\text{---} < 380 * 10^3$$

\*

$$\frac{15371.84}{0.5 * 0.5} < 380 * 10^3$$

62461.2 < 380 \* 10<sup>3</sup> , queda corroborado que las dimensiones son satisfactorias.

**VER DIAGRAMA GENERAL DE CIMENTACIÓN B.8.**

---

**Análisis de soldadura:**

Soldadura para los perfiles de la viga: Las placas además de soportar las cargas axiales (peso de la carga y peso de la viga), también estarán sometidas al momento generado por la fuerza del viento

en la cara lateral de la tubería de agua, produciendo esfuerzo cortante en la soldadura. Para estructuras pequeñas de unos 30 m, resulta satisfactorio usar la presión del viento, estipulado en el código apropiado de construcción. El National Building Code para el viento: **VER TABLA 1.13** Determinamos de la presión del viento para una altura de 6 m es: 0.75 KPa y como la forma de la tubería es redonda le corresponde un factor de multiplicación de 0.6, es decir:

$$= 0.75 * 0.6 [ ] = 450$$

La fuerza total del viento en la tubería, la calcularemos tomando el área lateral de la tubería donde va actuar la presión del viento; es decir:

$$( ) = * \dots \dots \dots (51)$$

El área lateral de la tubería es:

$$= * * 0.219202 * 21 = 14.46^2$$

La fuerza total del viento sobre el área lateral de la tubería es:

---

$$( \quad ) = 450 * 14.46^2 =$$

$$6507.68$$

**La fuerza cortante ocasionada por el viento, por cada viga, seria:**

$$\frac{( \quad )}{4} \dots \dots \dots (52)$$

$$= \frac{6507.68}{4}$$

$$= 1626.92$$

Por lo tanto la fuerza cortante a la que estaría sometida la soldadura seria: 1626.92 N



La sección para la soldadura será de cordón, y el tamaño de la soldadura para espesores de placa de base de (1/2" a 3/16"), debe ser de 5/32" (0.00396875 m). **VER TABLA 1.14**

**Área total de la garganta de soldadura:**

$$\begin{aligned}
 &= 1.414 * h * ( + ) \dots \dots \dots (53) \\
 &= 1.414 * 0.00396875 * (0.152 + 0.152) \\
 &= 1.706 * 10^{-3} \text{ }^2
 \end{aligned}$$

**El esfuerzo cortante en la soldadura:**

$$\begin{aligned}
 \tau &= - \dots \dots \dots (54) \\
 \tau &= \frac{1626.92}{1.706 * 10^{-3}} = 0.95
 \end{aligned}$$

**VER TABLA A.29.**

**Momento de Inercia unitario:**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2}{6} * (3 * + ) \dots \dots \dots (55) \\
 &= \frac{0.152^2}{6} * (3 * 0.152 + 0.152) \\
 &= 2.340 * 10^{-3} \text{ }^3
 \end{aligned}$$

**momento de Inercia basado en la garganta de la soldadura:**

$$\begin{aligned}
 &= 0.707 * h * \dots \dots \dots \\
 & \quad \quad \quad (56) \\
 &= 0.707 * 0.00396875 * 2.340 * 10^{-3} \text{ }^3 \\
 &= 6.57 * 10^{-6} \text{ }^4
 \end{aligned}$$

---

**El momento flector produce un esfuerzo normal por flexión:**

$$\sigma = \frac{M}{I} + \frac{P}{A} \dots \dots \dots (57)$$

Donde:

$$= \frac{M}{I} = \frac{1626.92 \cdot 6}{6.57 \cdot 10^{-6}} = 15235.67$$

$$= \frac{P}{A} = \frac{0.152}{6.57 \cdot 10^{-6}} = 0.076$$

$$= 2870.962 \cdot 10^{-6}$$

$$\sigma = \frac{15235.67}{2870.962 \cdot 10^{-6}} + \frac{9761.52 \cdot 0.076}{6.57 \cdot 10^{-6}}$$

$$\sigma = 118.23$$

Una vez obtenidos los componentes de esfuerzo cortante (esfuerzo máximo) y esfuerzo normal por flexión máxima (para la soldadura sometida a flexión se puede combinarlas utilizando un diagrama de círculo de Mohr, para evaluar el esfuerzo cortante máximo:

**esfuerzo cortante máximo por círculo de mohr:**

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \dots \dots \dots (58)$$

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{118.23}{2}\right)^2 + 0.95^2} = 59.12$$

Considerando un electrodo E7018 5/32" **VER TABLA DE SELECCIÓN A.10.**, cuyo esfuerzo de fluencia es de 445 MPa, se obtiene el siguiente factor de seguridad, por la teoría de falla del máximo esfuerzo cortante:

$$= \frac{y}{\tau} = \frac{0.5}{59.12} \dots \dots \dots (59)$$

$$= \frac{0.5}{y} = \frac{0.5 * 445}{59.12} = 3.76$$

Nota: según la AWS el factor de seguridad mínimo para soldaduras sometidas a flexión mínimo es 1.44, por el factor de seguridad de 3.76 es aceptado.

**Cantidad de soldadura a utilizar en perfiles:**

$$= \frac{\dots * \dots}{\dots}$$

Donde:

$$= \dots * \dots = 7850 \text{ [---] }_3$$

$$= \acute{a} \dots \acute{o} \dots =$$

$h^2$

$$= 0.00396875$$

$\dots =$

$$= \dots = 0.90112$$

$$= 70\% -$$

Entonces queda:

$$\frac{\dots * h^2 * \dots}{\dots} \text{ [---] } \dots \dots \dots (60)$$

=

$$= \frac{7850 * 0.00396875^2 * 0.9112 * 1.2}{0.70} \text{ [---] }$$

---

= 0.193

[ ]

Como son 4 vigas y cada una va soldada a los extremos de las placas, tendríamos 8 perfiles a soldar, por lo tanto la masa total de soldadura sería:

Entonces la masa total de soldadura:

$$(0.193) \times 8 = 1.55$$

**Cantidad de soldadura a utilizar para la unión entre tuberías:**

Datos:

$$= 7850 \text{ [ kg ]}$$

$$\bar{h} = h = 0.00396875$$

$$\text{ó , } i = *$$

$$= * 0.2032$$

$$= 0.64$$

$$= \frac{7850 * 0.00396875^2 * 0.64 * 1.2}{0.70} \text{ [ kg ]}$$

$$= 0.136$$

$$\text{[ kg ]}$$

Como son 322.8 m de tubería y cada tubería tiene una longitud de 6m el número de perfiles a soldar biselados serian 54, por lo tanto la masa total de soldadura sería:

o

$$= 54$$

$$(0.136) * 54 = *$$

---

$$( \quad ) = 0.136 * 54 = 7.40$$

**Cantidad de soldadura a utilizar para la unión entre tuberías y codos:**

Datos:

$$\begin{aligned} &= 7850 \text{ [ 3]} \\ \tilde{n} &= h = 0.00396875 \\ & , \quad \quad \quad \dot{i} \quad \quad \quad \dot{i} = * \\ &= * 0.2032 \\ &= 0.64 \\ &= \frac{7850 * 0.00396875^2 * 0.64 * 1.2}{0.70} \text{ [ ——— ]} \\ &= 0.136 \text{ —} \\ & \text{ [ ——— ]} \end{aligned}$$

Como son 80 codos totales de tubería sería:

$$\begin{aligned} & \circ \\ & = 80 \\ & ( \quad ) = * \circ \\ & ( \quad ) = 0.136 * 80 = \\ & 10.88 \end{aligned}$$

**Cantidad de soldadura a utilizar para la unión entre tuberías y válvulas:**

Datos:

$$\begin{aligned} &= 7850 \text{ [ — ]} \\ \tilde{n} &= h = 0.00396875 \\ & , \quad \quad \quad \dot{i} \quad \quad \quad \dot{i} = * \end{aligned}$$



---

$$= \quad * 0.2032$$

$$= 0.64$$

$$= \frac{7850 * 0.00396875^2 * 0.64 * 1.2}{0.70} [ \text{---} ]$$

$$= 0.136$$

$$[ \quad ]$$

Como son 105 tuberías y válvulas totales de tubería sería:

$$= 105 \quad \text{á}$$

$$= 52$$

$$( \quad ) = \quad * \circ$$

$$( \quad ) = 0.136 * 52 =$$

$$7.072$$

**Cantidad de soldadura a utilizar para la unión de cartelas:**

Datos:

$$= 7850 [ \quad ]$$

$$\tilde{n} = h = 0.00635$$

$$+ 0.040) = 0.68 \quad \acute{o} , \quad \acute{i} \quad \acute{i} = 2 * (0.3$$

$$= \frac{7850 * 0.00396875^2 * 0.68 * 1.2}{0.70} [ \quad ]$$

$$= 0.144$$

$$[ \quad ]$$

Como son 4 vigas totales que soportan la tubería sería:

o

$$= 8$$

$$( \quad ) = \quad * \circ$$

$$( \quad ) = 0.144 * 8 = 1.152$$

---

**VER DIAGRAMA GENERAL DE CARTELA B.9.**

Con todas las masas de soldadura entonces se puede calcular la soldadura total:

$$= 1.55 + 7.40 + 10.88 + 7.072$$

$$+ 1.152$$

=

$$28.054$$

El tiempo de soldado:

La velocidad de soldado promedio es de 1.5Kg/h, por lo tanto las horas hombre para soldar seria:

---

$$= \dots\dots\dots(62)$$

\_\_\_\_\_

$$= \frac{28.054}{1.5} = 18.703 \text{ h}$$

6. ESTABLECER EL ANÁLISIS FINANCIERO: PRI (PERIODO DE RETORNO DE INVERSIÓN), VAN (VALOR ACTUAL NETO), TIR (TASA INTERNA DE RETORNO).

Calculo del INVERSION

INVERSIONES EN ACTIVOS FIJOS EN EL AREA DE DESTILERIA				
	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USA\$	TOTAL USA\$
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>				
1	INTERCAMBIADOR DE PLACAS DE 5 M2	10	\$16,115.00	\$161,150
2	BOMBA DEL MOSTO MODELO 50-200 DE 60 Hz DE 5.15 L/S CON UNA POTENCIA DE 3HP	10	\$3,686.00	\$36,860
3	BOMBA DEL AGUA 10 MODELO 60-200 DE 60 Hz DE 28.66 L/S CON UNA POTENCIA DE 10 HP	1	\$20,658.00	\$20,658
4	TUBERIA DE 8" - CEDULA SCH-40 #10	3	\$300.00	\$900
5	TUBERIA DE 6" - CEDULA SCH-40 #10	3	\$62.00	\$186
6	TUBERIA DE 4" - CEDULA SCH-40 #10	40	\$30.00	\$1,200
7	VÁLVULAS DE COMPUERTA 4"CEDULA SCH-40 #10	40	\$650.00	\$26,000
8	VÁLVULAS DE COMPUERTA 8"CEDULA SCH-40 #10	1	\$2,091.00	\$2,091
9	VÁLVULAS CHECK 4"	10	\$157.00	\$1,570
10	VÁLVULAS CHECK 8"	1	\$670.00	\$670
11	CODOS A 90°, acero ASTM A 53, Dn = 4"	72	\$18.50	\$1,332
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>				
12	MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO MODELO WEG DE W22, CON POTENCIA NOMINAL DE 2.478 KW-4HP, 440V-60 Hz -MOSTO	10	\$1,315.00	\$13,150
13	MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO MODELO WEG DE W22, CON POTENCIA NOMINAL DE 8.26 KW-12.5HP, 440V-60 Hz -AGUA	1	\$4,396.00	\$4,396
14	CABLE DE ENERGÍA NYY TRIPLE 3-1*6MM2, 1 HILOS, TENSIÓN DE SERVICIOS DE 440 V CON CAPACIDAD DE CORRIENTE DE 72A, AISLAMIENTO PVC Y CUBIERTA EXTERIOR DE PVC. PARA UNA LONGITUD DE 800M	800	\$1.05	\$840
15	CABLE DE ENERGÍA NYY TRIPLE 3-1*70MM2, 1 HILOS, TENSIÓN DE SERVICIOS DE 440 V CON CAPACIDAD DE CORRIENTE DE 72A, AISLAMIENTO PVC Y CUBIERTA EXTERIOR DE PVC. PARA UNA LONGITUD DE 40M	40	\$8.71	\$348
16	RELAY TÉRMICO THN 400RHKP PROTECCIÓN A SOBRECARGAS (260-400)A	1	\$1,170.00	\$1,170
17	RELAY TÉRMICO THN 120KP PROTECCIÓN A SOBRECARGAS (65-100)A	3	\$252.00	\$756

18	CONTACTOR MAGNÉTICO S-N300, 300A Y 440V, 160KW	1	\$3,100.00	\$3,100
19	CONTACTOR MAGNÉTICO S-N300, 85A Y 440V, 45KW	3	\$630.00	\$1,890
20	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS NF 63 HW 16,20,32,40,50 A, VAC 690, 230/440V 3POLOS	4	\$230.00	\$920
21	FUSIBLE GW72104, 2A, TENSIÓN 500 VAC - PODER DE CORTE 100KA	12	\$7.00	\$84
<b>SISTEMA MECÁNICO</b>				
22	VIGAS EN "H" W6-15LB/PIE	4	\$168.00	\$672
23	JGO. DE PERNOS DE 1/2"X4"X2° - COMPLETOS	24	\$0.60	\$14
24	PLANCHA DE ACERO ASTM-A36 1200MMX2400MMX3/8"	4	\$195.00	\$780
25	CARTELAS DE ASTM A-36, DE 45MMX300MMX 3/8" MM	8	\$5.30	\$42
26	SOLDADURA E6010 Ø 1/4"-KG	74	\$5.00	\$370
28	SOLDADURA E6010 Ø 1/4"-KG	74	\$5.00	\$370
29	MANO DE OBRA EN SOLDADURA (2) + ALQUILER DE MAQUINA DE SOLDAR PARA 114 HORAS	2	\$400.00	\$800
30	CIMENTACION DE BASE DEL LAS VIGAS DE 500MMX500MMX250MM	4	\$42.00	\$168
31	CAPACITACION DEL PERSONAL DE OPERACIÓN	15	\$100.00	\$1,500
				<b>\$283,988</b>

**Los costos de beneficios son:**

Costos	N.S./año	USA\$/año
1. - MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	\$5,020.00	\$5,020

COSTO CONSUMO AGUA DE REPOSICIÓN		
Consumo unitario agua de reposición	0.65	m3/h
Costo agua de reposición	0.15	NS/m3
Costo horario agua de reposición	0.0975	NS/h
Costo anual de agua de reposición	737.1	NS/año
	263.25	USA\$*/año

COSTO CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA		
Motores bombas de mosto	8.96	kw
Bomba agua enfriamiento	5.97	kw
Motores ventiladores de Torres	4.80	kw
Costo unitario EE en Laredo	0.02	NS/kw-h
Total potencia promedio en sistema	19.73	kw
Energía eléctrica consumida anual	149123.82	kw-h/año
Costo anual consumo de EE	3195.510	USA\$/año

BENEFICIO POR REDUCCIÓN DE MANO DE OBRA		
NR. PERSONAS A REDUCIR	3	
SUELDO MENSUAL	400	USA\$/mes
INGRESOS ANUALES	16800	USA\$/año

BENEFICIO POR ENFRIAMIENTO DEL MOSTO	Enfriamiento Convección natural	Enfriamiento Convección forzada	UM
Molienda	5000	5000	TC/d
% melaza en caña	3%	3%	
Azúcares fermentesibles	0.51	0.51	
Factor de conversión en alcohol	0.45	0.45	
Rendimiento de producción melaza	92.94%	96.32%	
Densidad del alcohol	800	800	kg/m3
Producción alcohol	31994.60	33158.16	kg alcohol/d
	39993.24	41447.70	Lts alcohol/d
Precio venta de alcohol		0.72	NS/litro
Incremento de producción alcohol por enfriamiento del mosto		1454.46	Lts alcohol/d
Beneficio bruto por enfriamiento del mosto		1047.21	NS/día
		125665.02	USA\$/año
<b>TOTAL BENEFICIO BRUTO POR ENFRIAMIENTO DEL MOSTO</b>		142465.02	USA\$/año
Beneficio neto por enfriamiento del mosto		<b>133986.26</b>	USA\$/año

## VAN y TIR

<b>FLUJO DE FONDOS NETOS MEJORAMIENTO EN EL AREA DE DESTILERIA EN UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL Cálculo de TIR y VAN</b>		
<b>Años</b>	<b>Flujo de Fondos</b>	<b>Movimientos en el Periodo - Año</b>
Inversión	<b>-\$283,988.20</b>	Costo Inicial del Proyecto
1	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
2	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
3	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
4	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
5	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
6	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
7	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
8	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
9	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
10	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
11	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
12	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
13	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
14	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
15	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
16	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
17	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
18	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
19	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
20	\$133,986.26	Beneficios Netos anuales
Total Ingresos	\$2,679,725	
Tasa de Interés:	10.00%	
TIR	<b>47%</b>	Tasa interna de Retorno
VAN	<b>\$ 856,712</b>	Valor Actual Neto

**ROI (periodo de retorno de inversión):** Es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

$$PRI = \frac{\text{INVERSION}}{\text{BENEFICIO}} \dots \dots \dots (65)$$



<b>CALCULO DEL PERÍODO DE RETORNO DE LA INVERSION, PRI</b>	
--	--

VA(Io)	-\$283,988.20
VA(Bn)	\$ 856,712
VA(Io) + VA(Bn)	1,140,700.56
Número de años, N	20
PRI (Años)= (VA(Io)/(VA(Bn)/N)	2.12

PRI: PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSION

$$PRI = \frac{283,988}{133986.26}$$

$$PRI = \frac{283,988}{133986.26}$$

$$PRI = 2.12$$

ñ

$$PRI = 2$$

ñ

---

## **IV. DISCUSIONES**

---

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

**SOLICITA:** APOYO PARA REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

**SEÑOR:** Antonio Darío Salas Martínez

DISTINGUIDO PROFESIONAL:

**Salas Martínez, Antonio Darío** identificado con DNI N° 44360035, alumno de Ing. Mecánica, ante Ud. Con el debido respeto me presento y expongo:

Que estando realizando el trabajo de investigación titulado **"ALGORITMO DE CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO FORZADO DE MOSTO POR AGUA FRÍA EN PLANTA DE ALCOHOL DE UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL"**. Destacando su experiencia profesional en este campo, es que recurro a su honorable persona para solicitarle su valiosa colaboración consistente en la revisión y análisis de los ítems propuestos.

Sus observaciones y recomendaciones como juez de validación serán de gran ayuda para la elaboración final del trabajo de investigación, agradeciéndole de antemano.

Esperando la debida atención a la presente, me despido de Ud.

TRUJILLO, 30 de Junio del 2014.



---

## CONSTANCIA DE JUICIO DE EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: Richard Medina Rubio  
ESPECIALIDAD: Ing. Químico  
DNI: 42542681

Por medio de la presente hago constar que realicé la revisión del test sobre Validación de Cálculos referentes a Control del Sistema de Enfriamiento de Fermentación en una empresa Agroindustrial elaborado por la estudiante de Ingeniería ANTONIO DARIO SALAS MARTNEZ, quien está realizando un trabajo de investigación titulado "ALGORITMO DE CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO FORZADO DE MOSTO POR AGUA FRÍA EN PLANTA DE ALCOHOL DE UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL". Una vez indicadas las correcciones pertinentes considero que dicho test es válido para su aplicación.

TRUJILLO, 30 de Junio del 2014.



Nombre: Richard Davis Medina Rubio  
DNI: 42542681

- 
1. En una empresa agroindustrial que produce alcohol actualmente en el Perú de manera general no cuentan con los sistema de enfriamiento adecuado del mosto de actualizado, en unas empresas utilizan tecnologías que datan de los años 80 en los cuales cuentan solo con tanques de almacenamiento con camisas que bordean los mismos y que utilizan, se rellenan con agua industrial, despues de llenado se reposa el agua para que enfrie en mosto; para eso el tiempo es considerable (considerando unas 6 o 7 horas) a que llegue a su temperatura ideal que es de 30 grados. La compañía prestigiosa de procesos de fermentación (FERMENTEC), considera que se debe se realizar un enfriamiento en un corto tiempo ( 1 hora máximo) para que resulte menos pérdidas en el área de destilería. Por otro lado algunas empresas cuentan con un sistema de los años 90 que consiste en una automatización de enfriamiento, la empresa FERMENTEC considera un proceso rápido en el sistema de enfriamiento, para que reduzcan las pérdidas de mosto y que aumente la producción en el área de destilería. Aunque los sistemas actualizados que cuentan con plc's computarizados, las pérdidas por más que estén controlados no reducen a la minima expresión, por el simple hecho que como está el tanque con orificios de entradas-hombre se producen bacterias como, acido láctico, aceite fusel, almidones, alcoholes suprimidos, estoras, y otras bacterías que producen pérdidas.
  2. Se toman factores de diseño por motivos de seguridad en el mismo, ya que un diseño experimental es una regla que determina la asignación de las unidades experimentales a los tratamientos.
  3. En el analisis económico del presente proyecto los costos de equipos y instrumentos se tomaron como datos promedios al mercado.
  4. En el analisis financiero el VAN y TIR se determinaron considerando una tasa promedio según diferentes identidades bancarias del 10% por un periodo de 20 años, que es el tiempo esperado de vida del sistema de enfriamiento.
  5. Las velocidades promedios del aire son detallados por tablas especificas con un presión a 1 atm.

---

## **V. CONCLUSIONES**

- 
1. Se determinó que un balance adecuado en el tanque de almacenamiento que almacena mosto se puede lograr el calor unitario de cada tanque, desde la entrada de mosto al hasta el retorno. La temperatura saliente que llega al sistema debe de ser controlada por un sistema que enfría a temperatura que no es la adecuada y que depende bastante en la producción, en este caso actual la temperatura de salida del sistema que es 33°C
  2. Se determinó que un balance adecuado en el tanque de almacenamiento que almacena mosto se puede lograr el calor unitario de cada tanque, desde la entrada de mosto al hasta el retorno. La temperatura saliente que llega al sistema debe de ser controlada por un sistema que enfría a temperatura correcta ya que la producción depende de la temperatura de salida del sistema que es en este caso a 30°C. con esta disminución de temperatura la producción aumenta a 3.20%
  3. Se determinó que en el proceso de cálculo primero se logró dimensionar el enfriador del mosto por agua en intercambiador de placas de 5 m<sup>2</sup>, en condiciones normales, con placas de 0.04 mm de espesor, también se realizó el cálculo de torre de enfriamiento para poder estar seguro de que el intercambiador de placas es el adecuado, solamente se realizó el cálculo de torre por este motivo, ya que la empresa agroindustrial tienen torres de enfriamiento en el cual podemos utilizar.
  4. Se dimensionó los tanques de almacenamiento acorde de la planta ya que las bases están cimentadas, con esto ayuda a reducir costos del tanque de cimentación que son entre 8 y 10 tanques, se seleccionó de material de tanque de almacenamiento acorde al mercado para que no exista ningún problema con los materiales. En este caso se seleccionó el material ASTM-A36. Porque es un material de fácil acceso en el mercado con propiedades ya conocidas. Los tanques de almacenamiento son diseñados con la norma API 650 que es exclusivamente para la fabricación de cualquier tipo de tanques.
  5. Se determinó que lo más conveniente para escoger el tipo de tuberías son de cédula-40 ya que están revestidos de recubrimiento de laminación patentado para asegurar una superficie limpia y resistente a la corrosión que supere en rendimiento y duración a los

---

revestimientos de laca estándar. Este recubrimiento también permiten pintar fácilmente la tubería, sin ningún tipo de preparación especial. Tanto para la determinación de las tuberías de mosto y agua se procedió a un cálculo específico con la finalidad de determinar los diámetros respectivos. En el caso de mosto, la tubería solo es de una sola dimensión por motivos de que la longitud de recorrido es corta ( $\varnothing 4$ ) ya que la bomba (3HP) que se ha propuesto instalar sus # de revoluciones a 1740 rpm, en cambio las tuberías por parte del agua es de recorrido largo, con ida y vuelta a la torre de enfriamiento, para que no exista la cavitación por el largo de las tuberías, se debe de reducir el diámetro de recorrido, ya que la bomba que se ha propuesto a instalar sus # de revoluciones a 1750 rpm.

6. Se realizó un análisis económico para el sistema de enfriamiento forzado por agua con una torre de enfriamiento, el cual demandará una inversión de \$283988 dólares americanos con un beneficio de 133986.26 US\$/Año con una periodo de inversión de 24 meses. Se realizó un análisis financiero del proyecto de sistema de enfriamiento forzado por agua fría con un periodo de 20 años con una tasa de interés del 10% resultando el VAN \$856712 y el TIR 47% aceptables para el proyecto.
7. Se elaboró un programa visual para que los jurados puedan entender el proceso de fermentación en el área de destilería.



---

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 
1. Se recomienda implementar de modo integral el proyecto, debido a su buena rentabilidad, haciendo pruebas iniciales y finales, capacitando al personal de operación de la planta y mantenimiento de planta respectivamente.
  2. Luego de implementar el proyecto, definir la conveniencia de automatizar el proyecto.
  3. Definir si es conveniente instalar motores eléctricos de alto rendimiento, tipo premium, que ayudaría a reducir los costos de operación.
  4. Hacer un estudio para la captación y/o utilización de óxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido en el proceso de fermentación.
  5. Hacer un estudio para aplicar protección anticorrosiva a los equipos principales, pues el medio ambiente de la zona es húmedo y por ende existe corrosión.
  6. Se recomienda realizar un diagrama de Gantt previsto para las diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado.
  7. Se recomienda realizar una prueba en planta, con un seguimiento minucioso de los principales parámetros para observar la incidencia de el antibiótico en cuanto a la eficiencia de la fermentación.

---

## **VII. REFERENCIAS** **BIBLIOGRAFICAS**

---

# **BIBLIOGRAFÍA**

**agroforestal, ingeniería.** upm. *upm*. [En línea] agronomos upm. [Citado el: 10 de mayo de 2014.] <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/fisica/contenido/material-de-clase/Tema-7/unidades-presion.pdf>.

**Alberto, Jimenez Antonio Carlos. 2012.** *DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO ATMOSFÉRICO DE 20 000 BLS DE CAPACIDAD*. COATZACOALCOS, VER. : UNIVERSIDAD VERACRUZANA, 2012.

**alvarenga, ruben. 2013.** <http://asunciongourmet.blogspot.com/>. <http://asunciongourmet.blogspot.com/>. [En línea] 5 de 10 de 2013. <http://asunciongourmet.blogspot.com/2010/04/mosto-y-miel-de-cana.html>.

**BARRENO, JORGE LUIS CHIROQUE. 2013.** *FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA DE INSTALACIÓN DE UNA TORRE DE ENFRIAMIENTO DEL AGUA DE CONDENSACIÓN PARA MEJORAR LA OPERACIÓN DEL TURBOGENERADOR N°2, DE 4MW EN LA PLANTA CAÑA BRAVA - PIURA*. 2013.

**C., José Didier Váquiro. 2013.** <http://www.pymesfuturo.com/>. <http://www.pymesfuturo.com/>. [En línea] 7 de 10 de 2013. <http://www.pymesfuturo.com/pri.htm>.

**camponaraya.** La uva y el mosto. *La uva y el mosto*. [En línea] La uva y el mosto. [Citado el: 22 de abril de 2014.] <http://www.camponaraya.concepcionistas.es/system/files/9%20La%20uva%20y%20el%20mosto.pdf>.

**Cengel, Yunus A. 2007.** *TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA - UN ENFOQUE PRACTICO- 3era. EDICION*. MEXICO : MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2007.

**Cengel, Yunus. 2009.** *termodinamica-6ta. edición*. Mexico : interamericana editores S.A. de C.V., 2009. 978-0-07-352921-9.

**colombia, universidad nacional de cordoba. 2000.** Torre de Enfriamiento de Tiro Forzado. *Torre de Enfriamiento de Tiro Forzado*. [En línea] mayo de 2000. [Citado el: 13 de mayo de 2014.] <http://www.efn.unc.edu.ar/dep/aero/InvyDesa/Documentos/ITtorres.pdf>.

*Diseño de un sistema de recirculación y enfriamiento del agua para la destilación del mezcal.*

**Caballero Caballero, Magdaleno, Silva Santos, Luis y Montes Bernabé, José Luis. 2012.** 774-784, mexico : ISSN, 2012, Vol. I.

**fao.org.** fao, parte 3 . *fao, parte 3* . [En línea] [Citado el: 2014 de abril de 22.] <http://www.fao.org/docrep/x5028s/x5028s05.htm>.

**Fernando, Mendez Arqueros Roger. 2008.** *Ampliacion de la capacitacion de refrigeracion de la linea de gaseosa de la planta embotelladora casinelli sac*. trujillo : s.n., 2008.

---

**la-wetne.** [En línea] [Citado el: 28 de abril de 2014.] <http://www.la-wetnet.org/lasmiradasdelagua/descargas/Conceptos%20Hidrol%C3%B3gicos%20B%C3%A1sicos.pdf>.

**MEXICO, TRANSFER MAKER DE. 2010.** TRANSFER MAKER DE MEXICO, S.A. DE C.V. . *TRANSFER MAKER DE MEXICO, S.A. DE C.V.* . [En línea] 15 de marzo de 2010. [http://transfermaker.com.mx/boletines\\_que\\_es\\_chiller.html](http://transfermaker.com.mx/boletines_que_es_chiller.html).

**mott, robert. 2006.** *MECANICA DE FLUIDOS*. MEXICO : PEARSON EDUCATION, 2006. ISBN 0131146807.

**Muñoz, Miguel Puga. 2013.** <http://www.mpuga.com/>. <http://www.mpuga.com/>. [En línea] 7 de 10 de 2013. <http://www.mpuga.com/Docencia/Fundamentos%20de%20Finanzas/Van%20y%20Tir%202011.pdf>.

**Navascués, F. Calderón y E.** Laboratorio de Enología-Dpto. de Tecnología de Alimentos-E.T.S. Ingenieros Agrónomos. [www.alcion.es](http://www.alcion.es). [En línea] [Citado el: 2014 de abril de 22.] <http://es.scribd.com/doc/161769978/Frio-Industria-Enologica>.

**Nave, M Olmo R.** Presión de Vapor Saturado, Densidad del Agua. [En línea] hyperphysics,. [Citado el: 02 de junio de 2014.] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/kinetic/watvap.html>.

*Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva. Mercado., Ing. Franco Oviedo Angüis - Especialista en Agronegocios y. 2013.* lima : Centro de Documentación Agraria-CENDOC, 2013.

**quecalor.** <http://www.quecalor.com/>. <http://www.quecalor.com/>. [En línea] [Citado el: 10 de mayo de 2014.] [http://www.quecalor.com/calculo\\_chillers\\_agua\\_helada.php](http://www.quecalor.com/calculo_chillers_agua_helada.php).

**Ro., F. R.** *CATEDRA DE INTEGRACION III*. ROSARIO - ARGENTINA : PUBLICACIONES DEL DPTO. DE INGENIERIA QUIMICA.

**RUBIO, ING. DAVIS MEDINA. 2014.** ALGORITMO DE CALCULO PARA EL ENFRIAMIENTO FORZADO DE MOSTO POR AGUA FRIA EN UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL. *ENFRIAMIENTO*. TRUJILLO , 30 de JUNIO de 2014.

**scrib. 2010.** intercambiador de placas. *intercambiador de placas*. [En línea] scrib, 18 de mayo de 2010. [Citado el: 30 de abril de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/31521455/intercambiador-de-placas>.

**SHIGLEY, SHIGLEY 8TVA. EDICION. 2006.** *DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA*. UNITED STATE : THE MCGRAW-HILL, 2006. 0-390-76487-6.

*Tiempo de enfriamiento de zumo de naranja concentrado.* **P. López, M. Domínguez, Juan Manuel Pinillos, R. Fuentes. 2000.** 63-68, madrid-españa : Reed Business Information , 2000, Vol. 19.

---

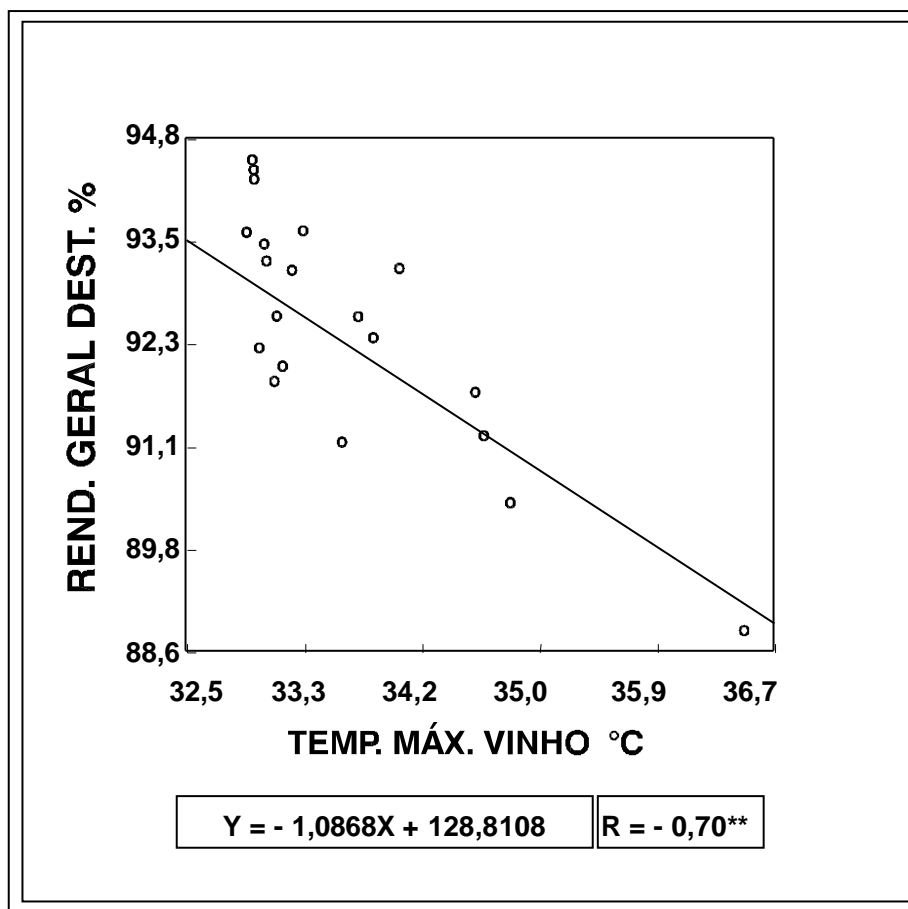
**VALLADOLID, UNIVERSIDAD DE. 2013.** DEPARTAMENTO DE ENERGIA ENERGETICA Y FLUIDO MECÁNICA. [En línea] 27 de FEBRERO de 2013. [Citado el: 12 de ABRIL de 2014.]  
[https://www5.uva.es/guia\\_docente/uploads/2012/455/42611/1/Documento21.pdf](https://www5.uva.es/guia_docente/uploads/2012/455/42611/1/Documento21.pdf).

**Vicente, Alfredo Rodríguez de. 2010.** *DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DESMINERALIZADA PARA UNA CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO.* MADRID : UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, 2010.

---

# **ANEXOS**

1.1. TABLA DE RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN VS. TEMPERATURA ENFRIAMIENTO





## 1.2 COEFICIENTE DE CONVECCION PARA AGUA Y SOLUCIONES ACUOSAS

Coeficiente de convección para agua / soluciones acuosas

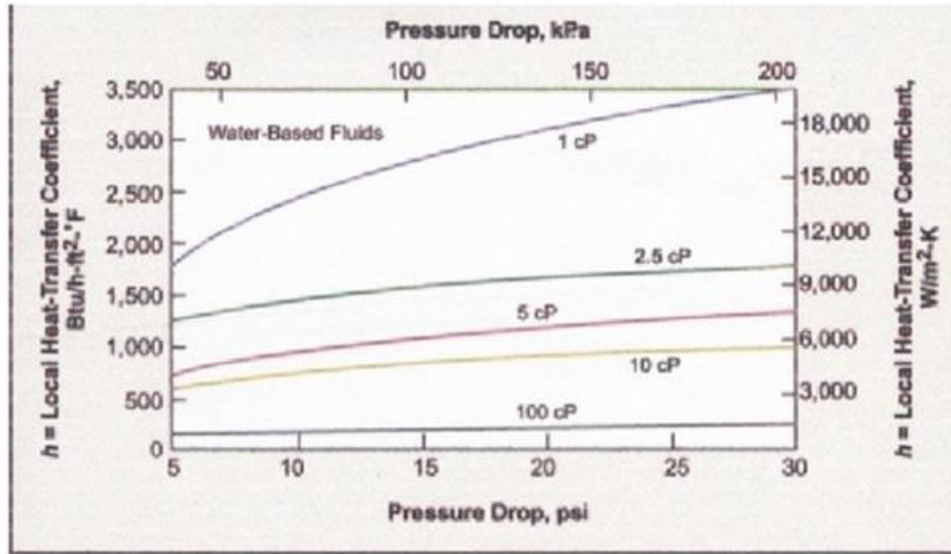


Figure 2. Heat-transfer correlations for water-based fluids.  $0.25 < \text{NTU} < 2.0$ .

TABLA 1.3. TABLA DE VISCOCIDAD DE AGUA

854  
APÉNDICE 1

TABLA A-9

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P <sub>sat</sub> , kPa	Densidad, ρ, kg/m <sup>3</sup>		Entalpia de vaporización, h <sub>fg</sub> , kJ/kg	Calor específico, c <sub>p</sub> , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ, kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 <sup>-3</sup>	0.922 × 10 <sup>-5</sup>	13.5	1.00	-0.068 × 10 <sup>-3</sup>
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 <sup>-3</sup>	0.934 × 10 <sup>-5</sup>	11.2	1.00	0.015 × 10 <sup>-3</sup>
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 <sup>-3</sup>	0.946 × 10 <sup>-5</sup>	9.45	1.00	0.733 × 10 <sup>-3</sup>
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 <sup>-3</sup>	0.959 × 10 <sup>-5</sup>	8.09	1.00	0.138 × 10 <sup>-3</sup>
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 <sup>-3</sup>	0.973 × 10 <sup>-5</sup>	7.01	1.00	0.195 × 10 <sup>-3</sup>
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 <sup>-3</sup>	0.987 × 10 <sup>-5</sup>	6.14	1.00	0.247 × 10 <sup>-3</sup>
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 <sup>-3</sup>	1.001 × 10 <sup>-5</sup>	5.42	1.00	0.294 × 10 <sup>-3</sup>
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 <sup>-3</sup>	1.016 × 10 <sup>-5</sup>	4.83	1.00	0.337 × 10 <sup>-3</sup>
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 <sup>-3</sup>	1.031 × 10 <sup>-5</sup>	4.32	1.00	0.377 × 10 <sup>-3</sup>
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 <sup>-3</sup>	1.046 × 10 <sup>-5</sup>	3.91	1.00	0.415 × 10 <sup>-3</sup>
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 <sup>-3</sup>	1.062 × 10 <sup>-5</sup>	3.55	1.00	0.451 × 10 <sup>-3</sup>
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 <sup>-3</sup>	1.077 × 10 <sup>-5</sup>	3.25	1.00	0.484 × 10 <sup>-3</sup>
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 <sup>-3</sup>	1.093 × 10 <sup>-5</sup>	2.99	1.00	0.517 × 10 <sup>-3</sup>
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 <sup>-3</sup>	1.110 × 10 <sup>-5</sup>	2.75	1.00	0.548 × 10 <sup>-3</sup>
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 <sup>-3</sup>	1.126 × 10 <sup>-5</sup>	2.55	1.00	0.578 × 10 <sup>-3</sup>
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 <sup>-3</sup>	1.142 × 10 <sup>-5</sup>	2.38	1.00	0.607 × 10 <sup>-3</sup>
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 <sup>-3</sup>	1.159 × 10 <sup>-5</sup>	2.22	1.00	0.653 × 10 <sup>-3</sup>
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 <sup>-3</sup>	1.176 × 10 <sup>-5</sup>	2.08	1.00	0.670 × 10 <sup>-3</sup>
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 <sup>-3</sup>	1.193 × 10 <sup>-5</sup>	1.96	1.00	0.702 × 10 <sup>-3</sup>
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 <sup>-3</sup>	1.210 × 10 <sup>-5</sup>	1.85	1.00	0.716 × 10 <sup>-3</sup>
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 <sup>-3</sup>	1.227 × 10 <sup>-5</sup>	1.75	1.00	0.750 × 10 <sup>-3</sup>
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 <sup>-3</sup>	1.261 × 10 <sup>-5</sup>	1.58	1.00	0.798 × 10 <sup>-3</sup>
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 <sup>-3</sup>	1.296 × 10 <sup>-5</sup>	1.44	1.00	0.858 × 10 <sup>-3</sup>
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 <sup>-3</sup>	1.330 × 10 <sup>-5</sup>	1.33	1.01	0.913 × 10 <sup>-3</sup>
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 <sup>-3</sup>	1.365 × 10 <sup>-5</sup>	1.24	1.02	0.970 × 10 <sup>-3</sup>
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 <sup>-3</sup>	1.399 × 10 <sup>-5</sup>	1.16	1.02	1.025 × 10 <sup>-3</sup>
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 <sup>-3</sup>	1.434 × 10 <sup>-5</sup>	1.09	1.05	1.145 × 10 <sup>-3</sup>
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 <sup>-3</sup>	1.468 × 10 <sup>-5</sup>	1.03	1.05	1.178 × 10 <sup>-3</sup>
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 <sup>-3</sup>	1.502 × 10 <sup>-5</sup>	0.983	1.07	1.210 × 10 <sup>-3</sup>
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 <sup>-3</sup>	1.537 × 10 <sup>-5</sup>	0.947	1.09	1.280 × 10 <sup>-3</sup>
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 <sup>-3</sup>	1.571 × 10 <sup>-5</sup>	0.910	1.11	1.350 × 10 <sup>-3</sup>
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 <sup>-3</sup>	1.641 × 10 <sup>-5</sup>	0.865	1.15	1.520 × 10 <sup>-3</sup>
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 <sup>-3</sup>	1.712 × 10 <sup>-5</sup>	0.836	1.24	1.720 × 10 <sup>-3</sup>
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 <sup>-3</sup>	1.788 × 10 <sup>-5</sup>	0.832	1.35	2.000 × 10 <sup>-3</sup>
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 <sup>-3</sup>	1.870 × 10 <sup>-5</sup>	0.854	1.49	2.380 × 10 <sup>-3</sup>
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 <sup>-3</sup>	1.965 × 10 <sup>-5</sup>	0.902	1.69	2.950 × 10 <sup>-3</sup>
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 <sup>-3</sup>	2.084 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 <sup>-3</sup>	2.255 × 10 <sup>-5</sup>	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 <sup>-3</sup>	2.571 × 10 <sup>-5</sup>	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 <sup>-3</sup>	4.313 × 10 <sup>-5</sup>	—	—	—

Nota 1: La viscosidad cinemática  $\nu$  y la difusividad térmica  $\alpha$  se pueden calcular a partir de sus definiciones,  $\nu = \mu/\rho$  y  $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$ . Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

Nota 2: La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), págs. 291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

Temperatura (°C)	Peso específico $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\eta$ (Pa·s)	Viscosidad cinemática $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
0	9.81	1000	$1.75 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-6}$
25	9.78	997	$8.91 \times 10^{-4}$	$8.94 \times 10^{-7}$
30	9.77	996	$8.00 \times 10^{-4}$	$8.03 \times 10^{-7}$
35	9.75	994	$7.18 \times 10^{-4}$	$7.22 \times 10^{-7}$
40	9.73	992	$6.51 \times 10^{-4}$	$6.56 \times 10^{-7}$
45	9.71	990	$5.94 \times 10^{-4}$	$6.00 \times 10^{-7}$
50	9.69	988	$5.41 \times 10^{-4}$	$5.48 \times 10^{-7}$
55	9.67	986	$4.98 \times 10^{-4}$	$5.05 \times 10^{-7}$
60	9.65	984	$4.60 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-7}$
65	9.62	981	$4.31 \times 10^{-4}$	$4.39 \times 10^{-7}$
70	9.59	978	$4.02 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-7}$
75	9.56	975	$3.73 \times 10^{-4}$	$3.83 \times 10^{-7}$
80	9.53	971	$3.50 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-7}$
85	9.50	968	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.41 \times 10^{-7}$
90	9.47	965	$3.11 \times 10^{-4}$	$3.22 \times 10^{-7}$
95	9.44	962	$2.92 \times 10^{-4}$	$3.04 \times 10^{-7}$
100	9.40	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-7}$

TABLA 1.4. VELOCIDADES PROMEDIOS DE FLUIDOS.

Servicio	Velocidad del Fluido	
	ft/min	m/s
Tubos de caldera y turbina	6000 -12000	30.5 - 60.9
Colectores de vapor	6000 - 8000	30.5 - 40.6
Líneas ramales de vapor	6000 -15000	30,5 - 76.2
Líneas de alimentación de agua	250 - 850	1.3 - 4.3
Líneas de salida de vapor y de baja Presión	6000 -15000	30,5 - 76.2
Líneas de succión de bombas	100 - 300	0.51 - 1.52
Líneas de purga de vapor	4000 - 6000	20.3 - 30.5
Líneas principales de servicio de agua	120 - 3000	0.61 - 1.52
Líneas de vapor de vacío	20000 - 40000	101.6 - 203.2
Líneas de petróleo crudo	50 - 350	0.25 - 1.78
Líneas de aire comprimido	1500 - 2000	7.5 -10.2
Tubos de vapor recalentado	2000 - 5000	10.2 - 25.4
Tubos de condensadores (agua)	150 - 300	0.76 - 1.52

TABLA 1.5. TABLA DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA DE FLUIDOS VISCOSOS

	Gravedad específica sg	Peso específico $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\eta$ (Pa·s)	Viscosidad cinemática $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
Acetona	0.787	7.72	787	$3.16 \times 10^{-4}$	$4.02 \times 10^{-7}$
Alcohol, etílico	0.787	7.72	787	$1.00 \times 10^{-3}$	$1.27 \times 10^{-6}$
Alcohol, metílico	0.789	7.74	789	$5.60 \times 10^{-4}$	$7.10 \times 10^{-7}$
Alcohol, propílico	0.802	7.87	802	$1.92 \times 10^{-3}$	$2.39 \times 10^{-6}$
Amoniaco hidratado (25%)	0.910	8.93	910	—	—
Benceno	0.876	8.59	876	$6.03 \times 10^{-4}$	$6.88 \times 10^{-7}$
Tetracloruro de carbono	1.590	15.60	1 590	$9.10 \times 10^{-4}$	$5.72 \times 10^{-7}$
Aceite de ricino	0.960	9.42	960	$6.51 \times 10^{-1}$	$6.78 \times 10^{-4}$
Etilenglicol	1.100	10.79	1 100	$1.62 \times 10^{-2}$	$1.47 \times 10^{-5}$
Gasolina	0.68	6.67	680	$2.87 \times 10^{-4}$	$4.22 \times 10^{-7}$
Glicerina	1.258	12.34	1 258	$9.60 \times 10^{-1}$	$7.63 \times 10^{-4}$
Queroseno	0.823	8.07	823	$1.64 \times 10^{-3}$	$1.99 \times 10^{-6}$
Aceite de linaza	0.930	9.12	930	$3.31 \times 10^{-2}$	$3.56 \times 10^{-5}$
Mercurio	13.54	132.8	13 540	$1.53 \times 10^{-3}$	$1.13 \times 10^{-7}$
Propano	0.495	4.86	495	$1.10 \times 10^{-4}$	$2.22 \times 10^{-7}$
Agua de mar	1.030	10.10	1 030	$1.03 \times 10^{-3}$	$1.00 \times 10^{-6}$
Aguarrás	0.870	8.53	870	$1.37 \times 10^{-3}$	$1.57 \times 10^{-6}$
Combustóleo, medio	0.852	8.36	852	$2.99 \times 10^{-3}$	$3.51 \times 10^{-6}$
Combustóleo, pesado	0.906	8.89	906	$1.07 \times 10^{-1}$	$1.18 \times 10^{-4}$

TABLA 1.6. TABLA DE RUGOSIDAD DE MATERIALES

Material	Rugosidad $\epsilon$ (m)	Rugosidad $\epsilon$ (pie)
Vidrio	Liso $3.0 \times 10^{-7}$	Liso $1.0 \times 10^{-6}$
Plástico	$1.5 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$
Tubo extruido; cobre, latón y acero	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Acero, comercial o soldado	$1.5 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, recubierto	$2.4 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, no recubierto	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$
Acero remachado		



TABLA 1.7. TABLA DE RESISTENCIA DE MATERIALES

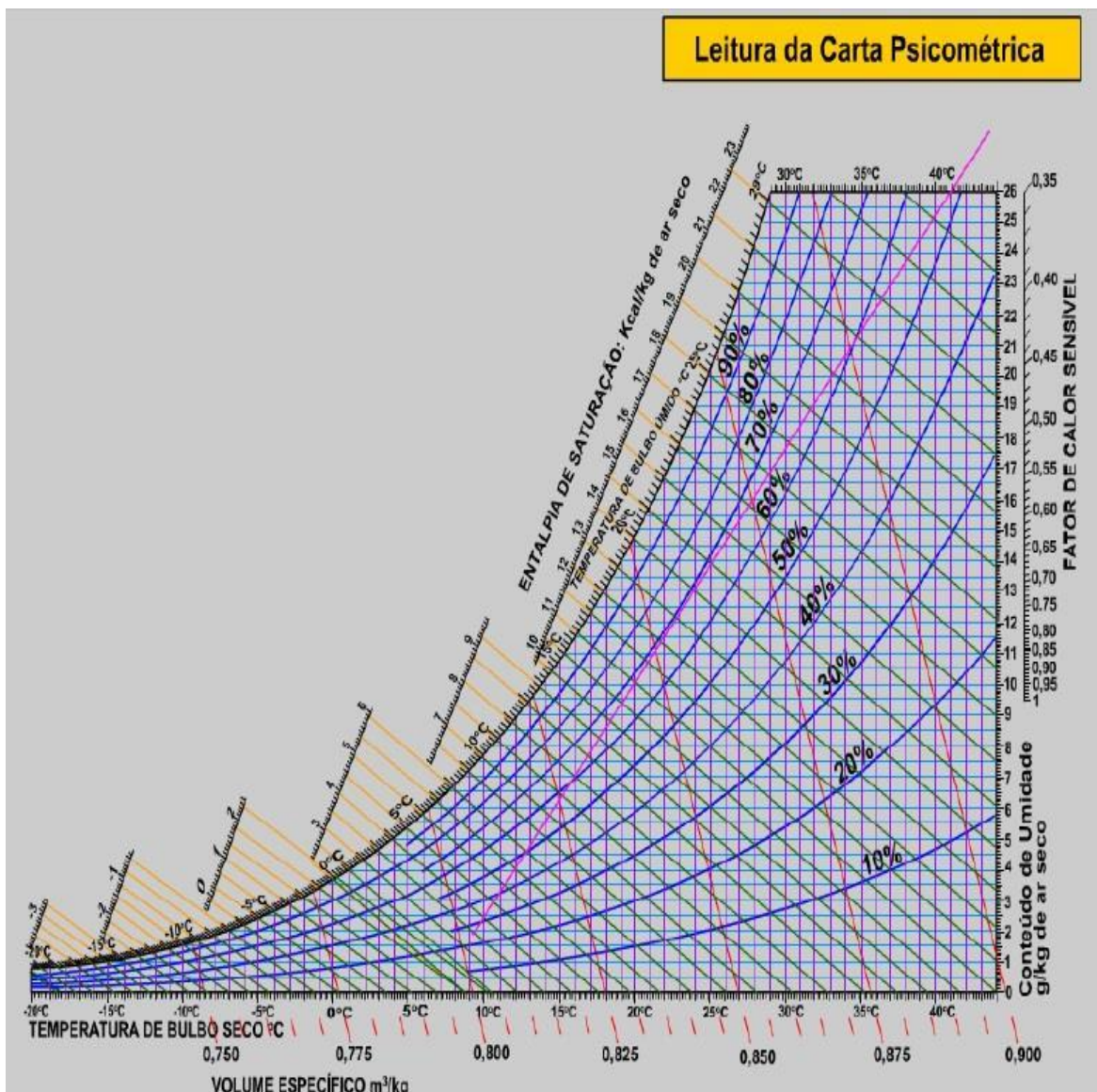
Resistividad de algunos materiales:

Material	$\rho$ en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .
Aluminio	0,026
Bronce	0,13 ~ 0,29
Carbón	100 ~ 1000
Cobre	0,0175
Hierro	0,10 ~ 0,14
Mercurio	0,95
Niquelina	0,44
Nichrom	1,10
Oro	0,022
Plata	0,016
Platino	0,094

TABLA 1.8. TABLA DE COEFICIENTE DE MATERIALES

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería $L_e/D$
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $3/4$ abierta	35
— $1/2$ abierta	160
— $1/4$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a $90^\circ$	30
Codo a $90^\circ$ de radio largo	20
Codo roscado a $90^\circ$	50
Codo estándar a $45^\circ$	16
Codo roscado a $45^\circ$	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

TABLA 1.9. TABLA DE CARTA PSICOMÉTRICA



**TABLA 1.10. TABLA DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

<b>Material</b>	<b>Modulus of Elasticity E</b>		<b>Modulus of Rigidity G</b>		<b>Poisson's Ratio <math>\nu</math></b>	<b>Unit Weight w</b>		
	<b>Mpsi</b>	<b>GPa</b>	<b>Mpsi</b>	<b>GPa</b>		<b>lbf/in<sup>3</sup></b>	<b>lbf/ft<sup>3</sup></b>	<b>kN/m<sup>3</sup></b>
Aluminum (all alloys)	10.4	71.7	3.9	26.9	0.333	0.098	169	26.6
Beryllium copper	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Brass	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Carbon steel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Cast iron (gray)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Copper	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Douglas fir	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Glass	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Lead	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesium	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molybdenum	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel metal	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Nickel silver	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Nickel steel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Phosphor bronze	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Stainless steel (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0
Titanium alloys	16.5	114.0	6.2	42.4	0.340	0.160	276	43.4



TABLA 1.11. TABLA DE PROPIEDADES DEL ACERO ASTM-A36

# Acero ASTM A36

Acero ASTM A36. Es un acero estructural al carbono, utilizado en construcción de estructuras tálidas, puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización.

Composición química de la colada.

Carbono (C)	0,26% máx
Manganeso (Mn)	No hay requisito
Fósforo (P)	0,04% máx
Azufre (S)	0,05% máx
Silicio (Si)	0,40% máx
* Cobre (Cu)	0,20% mínimo

\*Cuando se especifique

## Propiedades

Como la mayoría de los aceros, el A36, tiene una densidad de 7850 kg/m<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 pulg (203,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA (36 ksi), y un límite de rotura mínimo de 410 MPa (58 ksi). Las planchas con espesores mayores de 8 pulg (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 MPA (32 ksi), y el mismo límite de rotura.

## Propiedades mecánicas

LIMITE DE FLUENCIA MINIMO		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN				
Mpa	Psi	Psi	Mpa	densidad del acero	Corrosión permisible	esfuerzo de diseño
250	36000	58000	8000	7850kg/m3	0.16 cm.	1410 kg/cm.

**TABLA 1.12. TABLA DE ESFUERZOS ADMISIBLES SEGÚN EL TERRENO**

Naturaleza	Esfuerzo admisible KPa
Roca dura solida	2400
Pizarra o roca mediana	960
Roca blanda	480
Arcilla dura o grava compacta	380
Arcilla blanda o arena suelta	100

**TABLA 1.13. TABLA DE PRESIÓN DEL VIENTO-NATIONAL BUILDING CODE NBC**

Carga del viento

Altura (m)	Presión KPa
< 9	0.75
9.1 a 14.9	1
15 a 30	1.25
30.1 a 150	1.50

Factor de multiplicación

Forma	Factor
Rectangular o cuadrada	1
Hexágono u octogonal	0.8
Redonda o elíptica	0.6

**TABLA 1.14. TABLA DE PROPIEDADES DE PERFILES DE SOLDADURA SOMETIDOS A FLEXIÓN**

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Moment of Area
	$A = 0.707hd$	$x = 0$ $y = d/2$	$I_x = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_x = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_x = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_x = \frac{d^2}{12}(2b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$x = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_x = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_x = \frac{d^2}{6}(2b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$x = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_x = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

Espesor del material de la parte unida más gruesa, pulg	Tamaño de la soldadura, pulg
*Hasta 1/4 inclusive	1/8
Mayor que 1/4	Hasta 1/4
Mayor que 1/4	Hasta 3/8
Mayor que 3/8	Hasta 1/2
Mayor que 1/2	Hasta 3/4
Mayor que 3/4	Hasta 1
Mayor que 1	Hasta 1 1/2
Mayor que 1 1/2	Hasta 2
Mayor que 2	Hasta 3
Mayor que 3	Hasta 4
Mayor que 4	Hasta 6

\*Si se debe exceder el espesor de la parte más delgada.  
 \*El tamaño mínimo para aplicaciones en puntos de unión es menor a 1/8 pulg.  
 \*Este tamaño mínimo del filo de soldadura, el propósito es evitar un exceso que se acumule en el filo de la soldadura.

## SELECCIÓN

### A.1.SELECCIÓN DE EFICIENCIA DE MOTORES

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>W</sub>	Par con rotor trabado T <sub>l</sub> /T <sub>n</sub>	Par máximo T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	440/400 V						Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)	
								RPM	% de la potencia nominal			Factor de potencia							
KW	HP	Rendimiento			Factor de potencia														
		50	75	100	50	75	100												
VII Polos																			
0.12	0.16	71	0.144	2.8	1.9	2.0	0.0009	169	372	9.5	45	810	48.0	54.0	55.5	0.32	0.40	0.48	0.684
0.18	0.25	80	0.209	3.5	1.8	2.2	0.0027	52	114	12.0	46	840	51.0	57.0	59.0	0.44	0.56	0.65	0.713
0.25	0.33	80	0.292	3.6	1.9	2.2	0.0032	49	108	14.5	46	835	56.0	60.0	61.0	0.44	0.56	0.66	0.943
0.37	0.5	90S	0.429	3.4	1.7	2.3	0.0055	40	88	19.5	47	840	58.0	63.0	65.0	0.40	0.51	0.60	1.44
0.55	0.75	90L	0.642	3.5	1.9	2.3	0.0066	35	77	23.0	47	835	62.0	65.0	66.0	0.40	0.52	0.60	2.11
0.75	1	190L	0.864	4.1	2	2.3	0.0077	25	55	25.0	47	845	66.0	71.0	72.0	0.40	0.51	0.60	2.64
1.1	1.5	100L	1.24	4.7	2	2.4	0.0143	48	106	33.0	54	865	75.5	79.0	81.6	0.40	0.52	0.60	3.42
1.5	2	112M	1.70	5.5	2.5	2.6	0.0257	46	101	42.0	54	860	80.0	83.0	84.5	0.45	0.58	0.66	4.09
2.2	3	132M	2.46	6.5	2.3	2.5	0.0838	46	101	75.0	52	870	84.0	86.0	86.5	0.51	0.64	0.72	5.87
3	4	132M	3.38	6.8	2.6	2.7	0.0986	33	73	86.0	52	865	84.5	86.0	86.6	0.51	0.64	0.72	7.31
3.7	5	132ML	4.17	6.5	2.5	2.6	0.1033	29	64	90.0	52	865	85.0	86.5	86.7	0.51	0.64	0.72	9.01
4.5	6	160M	4.98	5.1	1.9	2.4	0.1317	37	81	117	54	880	86.5	88.5	88.5	0.48	0.61	0.69	11.2
5.5	7.5	160M	6.09	5.0	1.8	2.4	0.1756	36	79	134	54	880	87.5	89.8	89.8	0.51	0.63	0.71	13.1
7.5	10	160L	8.30	5.4	2	2.6	0.2019	32	70	148	54	880	89.0	90.5	90.6	0.50	0.63	0.70	17.9
9.2	12.5	180M	10.2	6.8	2	2.6	0.2434	15	33	169	54	875	90.5	91.0	91.0	0.60	0.72	0.78	19.7
11	15	180L	12.2	7.0	2.1	2.7	0.2846	14	31	185	54	875	90.6	91.3	91.3	0.60	0.72	0.78	23.5
15	20	180L	16.6	7.3	2.3	3	0.3246	10	22	196	54	880	90.8	91.6	91.6	0.60	0.72	0.79	31.5
18.5	25	200L	20.5	4.8	1.8	2	0.4396	25	55	231	56	880	91.0	92.0	92.1	0.57	0.69	0.75	40.6
22	30	225SM	24.2	6.5	1.8	2.5	0.7203	22	48	367	60	885	92.4	92.8	92.4	0.65	0.76	0.81	44.7
30	40	225SM	33.0	6.8	1.9	2.6	0.9604	14	31	400	60	885	93.0	93.5	93.5	0.64	0.74	0.80	60.9
37	50	250SM	40.7	6.9	2	2.9	1.20	12	26	463	60	885	93.2	93.6	93.6	0.64	0.75	0.81	74.1
45	60	250SM	49.6	6.9	2	2.9	1.33	11	24	485	60	880	93.3	93.6	93.6	0.66	0.77	0.82	89.0
55	75	280SM	60.2	6.0	1.8	2	2.82	23	51	682	63	890	94.1	94.4	94.3	0.65	0.76	0.80	111
75	100	280SM	82.1	6.0	1.9	2	3.38	20	44	741	63	890	94.3	94.6	94.5	0.65	0.75	0.80	151
90	125	315SM	98.5	6.0	1.8	2	5.66	26	57	1008	66	890	94.6	94.9	94.9	0.67	0.76	0.80	181
110	150	315SM	120	6.0	2	2.1	6.76	26	57	1085	66	890	94.9	95.2	95.0	0.67	0.76	0.80	220
132	180	355ML	144	6.0	1.3	2.2	12.3	60	132	1492	75	895	95.2	95.6	95.4	0.65	0.75	0.80	263
150	200	355ML	163	6.0	1.4	2.2	13.2	56	123	1561	75	895	95.3	95.6	95.6	0.64	0.75	0.79	302
185	250	355ML	201	6.0	1.4	2.3	15.9	52	114	1721	75	895	95.3	95.6	95.7	0.64	0.75	0.80	367
220	300	355ML	239	6.2	1.5	2.2	18.3	50	110	1859	75	895	95.4	95.8	95.9	0.65	0.75	0.80	435





100-200

## BOMBA CENTRIFUGA ISO 2858

### DESCRIPCION GENERAL

La bomba centrífuga ISO 2858 es una bomba fabricada según los estándares de la ISO. Esto garantiza intercambiabilidad de piezas, facilidad de reparación y mantenimiento y una sustitución perfecta con las bombas de otros fabricantes sin necesidad de cambios en la instalación. Un mínimo de componentes, y una construcción simple y robusta garantizan un servicio eficiente y libre de mantenimiento.

### DETALLES CONSTRUCTIVOS

**Caja:** Fabricada en hierro fundido gris o nodular con recubrimiento cerámico. Diseñada con sistema "back pull out" que permite un rápido desmontaje para una eventual reparación o inspección. Alternativamente se suministra en bronce o acero inoxidable sin recubrimiento cerámico.

**Impulsor:** Del tipo centrífugo cerrado. Fabricado en hierro fundido gris o nodular, alternativamente se suministra en bronce y en acero inoxidable. Está diseñado para una máxima eficiencia de bombeo. Balanceado electrónicamente para evitar vibraciones.

**Prensaestopa:** Como ejecución estándar se suministra el equipo con prensaestopas de fibra acrílica trenzada. Alternativamente se suministra con sello mecánico.

**Soporte:** Construido en hierro fundido gris con rodamientos lubricados por grasa, especialmente seleccionados para severas condiciones de operación. Eje de acero al carbono dimensionado con amplio factor de seguridad.

**Contrabridas:** Para permitir una fácil instalación. Opcionalmente se puede suministrar a pedido contrabridas para los modelos de hasta 80 mm de diámetro de succión, para conexión a tuberías con rosca estándar americana.

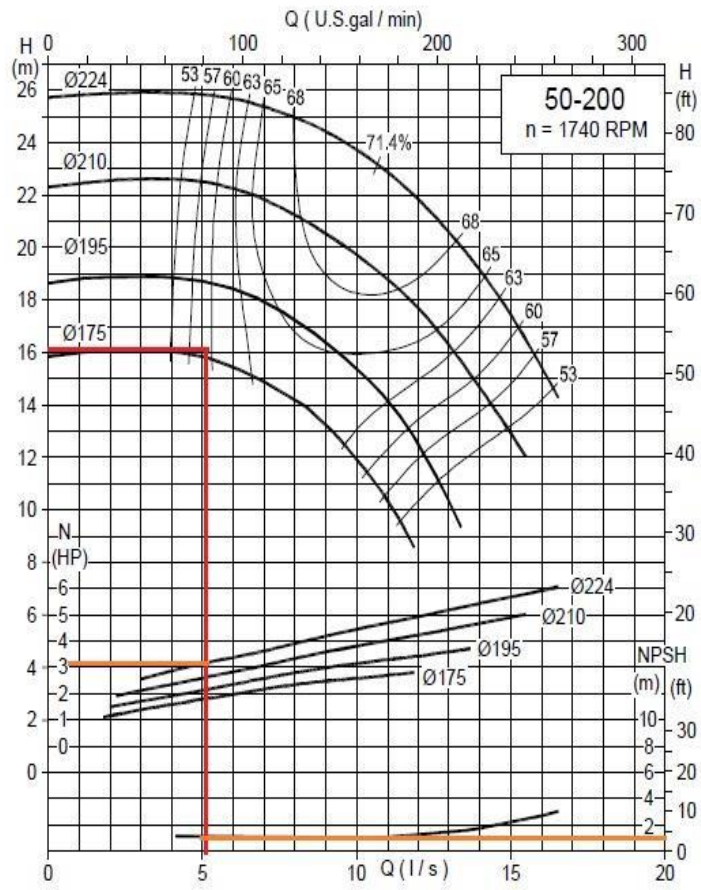
### APLICACIONES

Agricultura, suministro de agua potable, alimentación de calderos, riego en general, sistemas de calefacción y aire acondicionado, bombeo de líquidos viscosos, compuestos químicos, construcción, minería, industria en general.

## A.2. SELECCIÓN DE BOMBA DE MOSTO

### CURVAS DE OPERACION A 60 Hz

50 - 200



### A.3.SELECCIÓN DE CABLES DE CONEXIÓN



## NYY DUPLEX / TRIPLE

#### Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, etc.), directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

#### Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado (comprimido, compactado), aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación duplex los dos conductores son trenzados entre sí. En la conformación triple, los tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción.

#### Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYY convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. Retardante a la llama.

#### Marcación

INDECO S.A. NY Y(80°) 0.6/1 kV 3-1x<Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

#### Calibre

6 mm<sup>2</sup> – 500 mm<sup>2</sup>

#### Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

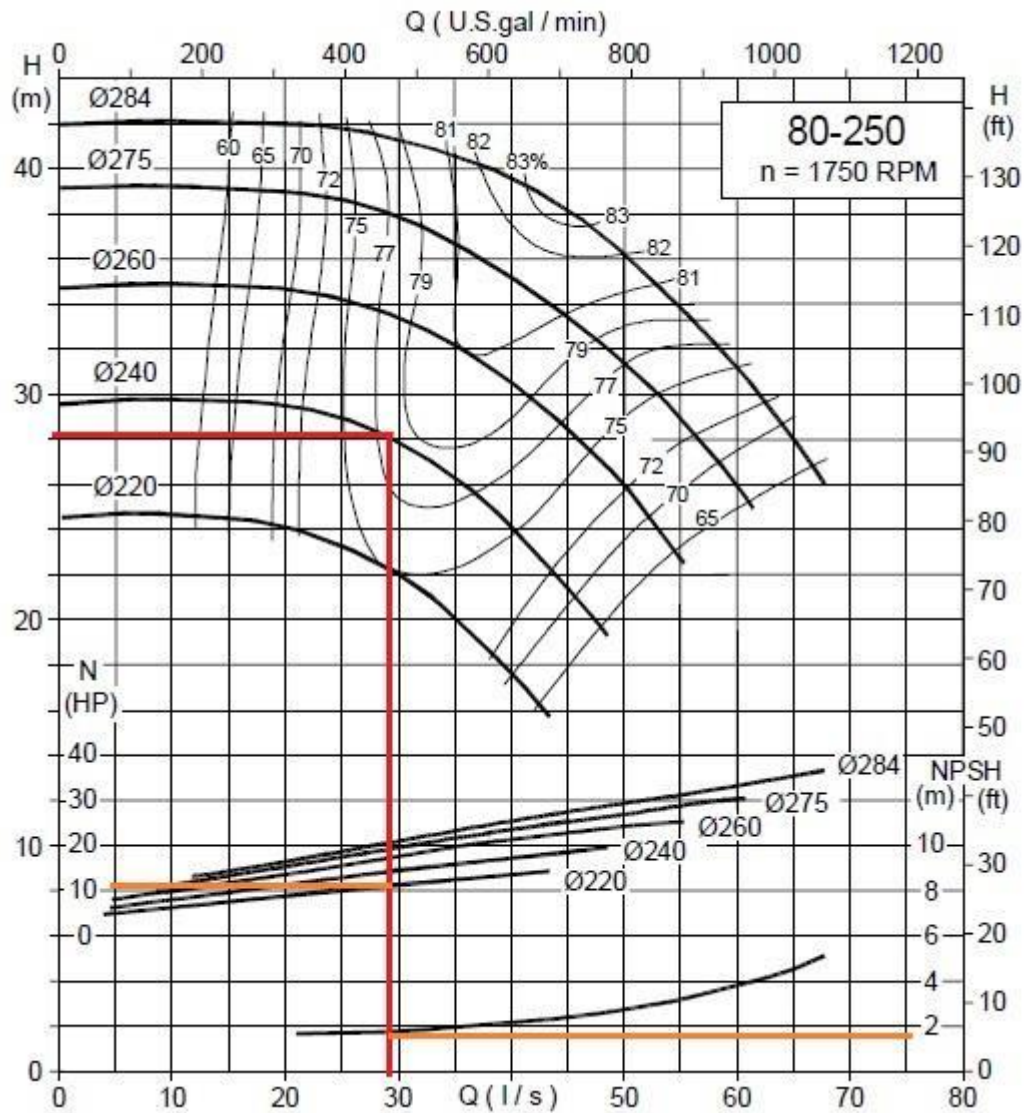
#### Colores

Aislamiento: Blanco  
Cubierta: Duplex : Blanco, negro.  
Triple : Blanco, negro, rojo.



**Norma(s) de Fabricación**  
NTP-IEC 60502-1  
**Tensión de servicio**  
0.6/1 kV  
**Temperatura de operación**  
80 °C

### A.4. SELECCIÓN DE BOMBA DE AGUA





## A.5. SELECCIÓN DE CABLES DE CONEXIÓN



### NYY DUPLEX / TRIPLE

#### Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, etc.), directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

#### Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado (comprimido, compactado), aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación duplex los dos conductores son trenzados entre sí. En la conformación triple, los tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción.

#### Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYN convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. Retardante a la llama.

#### Marcación

INDECO S.A. NYN(80°) 0.6/1 kV 3-1x<Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

#### Calibre

6 mm<sup>2</sup> – 500 mm<sup>2</sup>

#### Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

#### Colores

Aislamiento: Blanco  
Cubierta: Duplex : Blanco, negro.  
Triple : Blanco, negro, rojo.

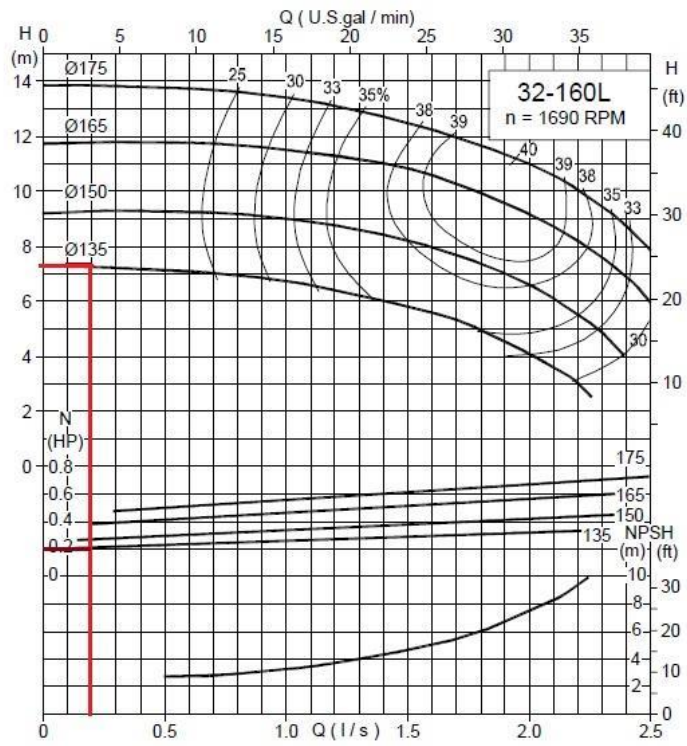


**Norma(s) de Fabricación**  
NTP-IEC 60502-1  
**Tensión de servicio**  
0.6/1 kV  
**Temperatura de operación**  
80 °C

A.6. SELECCIÓN DE BOMBA DE AGUA DE REPOSICIÓN

CURVAS DE OPERACION A 60 Hz

32 - 160L



## A.7. SELECCIÓN DE CABLES DE CONEXIÓN



### NYY DUPLEX / TRIPLE

#### Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, etc.), directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

#### Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado (comprimido, compactado), aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación duplex los dos conductores son trenzados entre sí. En la conformación triple, los tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción.

#### Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYY convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. Retardante a la llama.

#### Marcación

INDECO S.A. NY(80°) 0.6/1 kV 3-1x<Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

#### Calibre

6 mm<sup>2</sup> – 500 mm<sup>2</sup>

#### Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

#### Colores

Aislamiento: Blanco  
Cubierta: Duplex : Blanco, negro.  
Triple : Blanco, negro, rojo.



**Norma(s) de Fabricación**  
NTP-IEC 60502-1  
**Tensión de servicio**  
0.6/1 kV  
**Temperatura de operación**  
80 °C

## A.8.SELECCIÓN DE VIGA DE SOPORTE

# VIGAS H

### DENOMINACIÓN:

H A36

### DESCRIPCIÓN:

Producto de acero laminado en caliente cuya sección tiene la forma de H.

### USOS:

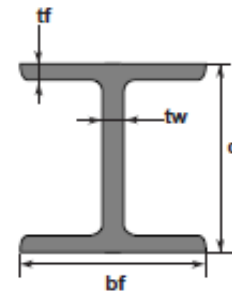
En la fabricación de elementos estructurales como vigas, columnas, cimbras metálicas, etc. También utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas para edificaciones, puentes, barcos, almacenes, etc.

### NORMA TÉCNICA:

ASTM A36 / A36 M

### PRESENTACIÓN:

Se comercializa en longitudes de 20, 30 y 40 pies. Se suministra en unidades.



### DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:

Designación	Area (pulg <sup>2</sup> )	Dimensiones (pulg)				Peso Estimado Kg/m
		Altura (d)	Espesor Alma (tw)	Largo del Ala (bf)	Espesor del Ala (tf)	
W 4" x 13 lbs/pie	3.83	4.16	0.280	4.060	0.345	19.35
W 6" x 15 lbs/pie	4.43	5.99	0.230	5.990	0.260	22.32
W 6" x 20 lbs/pie	5.87	6.20	0.260	6.020	0.365	29.76
W 6" x 25 lbs/pie	7.34	6.38	0.320	6.080	0.455	37.20
W 8" x 15 lbs/pie	4.44	8.11	0.245	4.015	0.315	22.32
W 8" x 18 lbs/pie	5.26	8.14	0.230	5.250	0.330	26.79
W 8" x 24 lbs/pie	7.08	7.93	0.245	6.495	0.400	35.72
W 8" x 31 lbs/pie	9.13	8.00	0.285	7.995	0.435	46.13
W 10" x 22 lbs/pie	6.49	10.17	0.240	5.750	0.360	32.74
W 10" x 49 lbs/pie	14.40	9.98	0.340	10.00	0.560	72.92
W 12" x 26 lbs/pie	7.65	12.22	0.230	6.490	0.380	38.69
W 12" x 65 lbs/pie	19.1	12.12	0.390	12.000	0.605	96.73

### REQUERIMIENTOS QUÍMICOS EN LA CUCHARA (%):

C = 0.26 máx.      P = 0.040 máx.  
S = 0.050 máx.      Si = 0.40 máx.

### PROPIEDADES MECÁNICAS:

Límite de Fluencia, mínimo = 2530 kg/cm<sup>2</sup>  
Resistencia a la Tracción = 4080-5620 kg/cm<sup>2</sup>  
Alargamiento en 200 mm, mínimo = 20 % <sup>1)</sup>  
Soldabilidad = Buena









### TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Designación	Altura (d)	Tolerancias (mm)			Camber Max.
		Largo del Ala (bf)	Longitud (pies)		
			20 y 30	40	
W 4" x 13 lbs/pie	± 3.17	+ 6.35 - 4.76	±9.52	+12.7 -9.52	1/8 por cada 10 pies
W 6" x 15 lbs/pie					
W 6" x 20 lbs/pie					
W 6" x 25 lbs/pie					
W 8" x 18 lbs/pie					
W 8" x 24 lbs/pie					
W 8" x 31 lbs/pie					
W 10" x 22 lbs/pie					
W 10" x 49 lbs/pie					
W 12" x 26 lbs/pie					
W 12" x 65 lbs/pie					

<sup>1)</sup> 18% para espesor de Ala de 0.260 mm

## A.9. SELECCIÓN DE PERNO DE SUJECCIÓN

| SAE Specifications for Steel Bolts

SAE Grade No.	Size Range Inclusive, in	Minimum Proof Strength,* kpsi	Minimum Tensile Strength,* kpsi	Minimum Yield Strength,* kpsi	Material	Head Marking
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Low or medium carbon	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Low or medium carbon	
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Medium carbon, cold-drawn	
5	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Medium carbon, Q&T	
	$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Low-carbon martensite, Q&T	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Medium-carbon alloy, Q&T	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Medium-carbon alloy, Q&T	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Low-carbon martensite, Q&T	



## A.10.SELECCIÓN DE SOLDADURA

### **INDURA 7018-RH**

*Clasificación AWS: E-7018 / E-4918*

- *Electrodo para acero al carbono*
- *Revestimiento bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color gris*
- *Toda posición*
- *Corriente continua, electrodo positivo*
- *Certificado anualmente por American Bureau of Shipping, Lloyd's Register of Shipping, Germanischer Lloyd y Nippon Kaiji Kyokai*

#### Descripción

El electrodo 7018-RH es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad.

Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición.

Su arco es suave y la pérdida por salpicadura es baja.

#### Usos

El 7018-RH es recomendado para trabajos donde se requiere alta calidad radiográfica, particularmente en calderas y cañerías.

Sus buenas propiedades físicas son ideales para ser usado en astilleros.

#### Aplicaciones típicas

- Aceros Cor-Ten, Mayari-R
- Lukens 45 y 50
- Yoloy y otros aceros estructurales de baja aleación

#### Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En la soldadura en posición sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo.

Para mayores detalles ver página 33. Observe las recomendaciones para almacenaje de los electrodos, página 20.

#### Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,06%; Mn 1,05%; Si 0,49%; P 0,015%; S 0,010%

#### Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

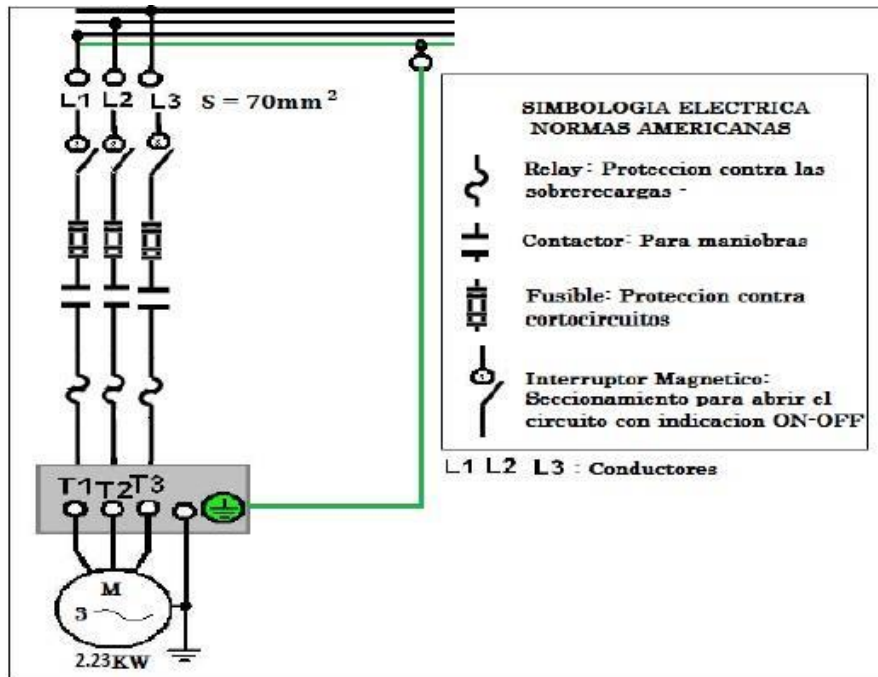
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 535 MPa Limite de fluencia : 445 MPa Alargamiento en 50 mm : 30%	490 MPa 400 MPa 22%	130J a -30°C	27J a -30°C

#### Amperajes recomendados:

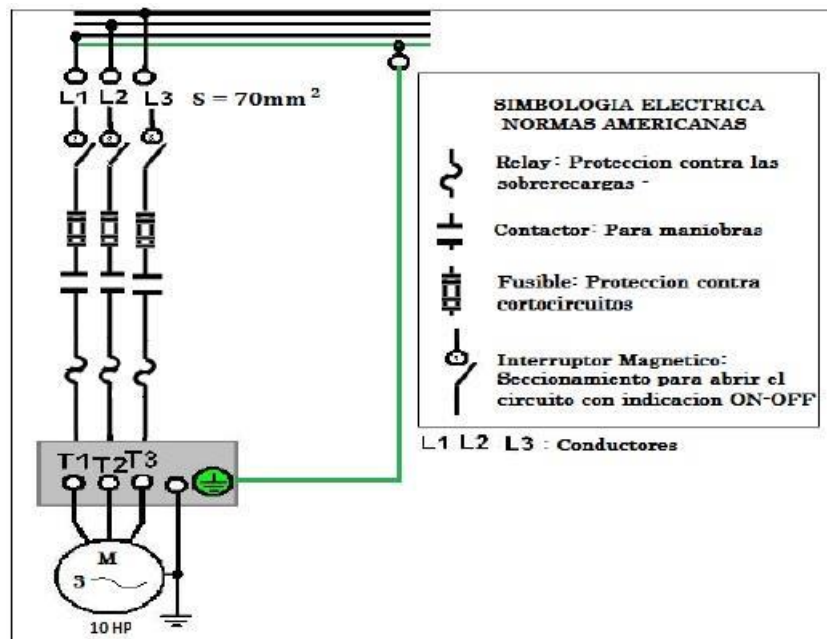
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		min.	máx.	
2,4	300	70	120	55
3,2	350	120	150	28
4,0	350	140	200	20
4,8	350	200	275	14

## DIAGRAMA UNIFILAR

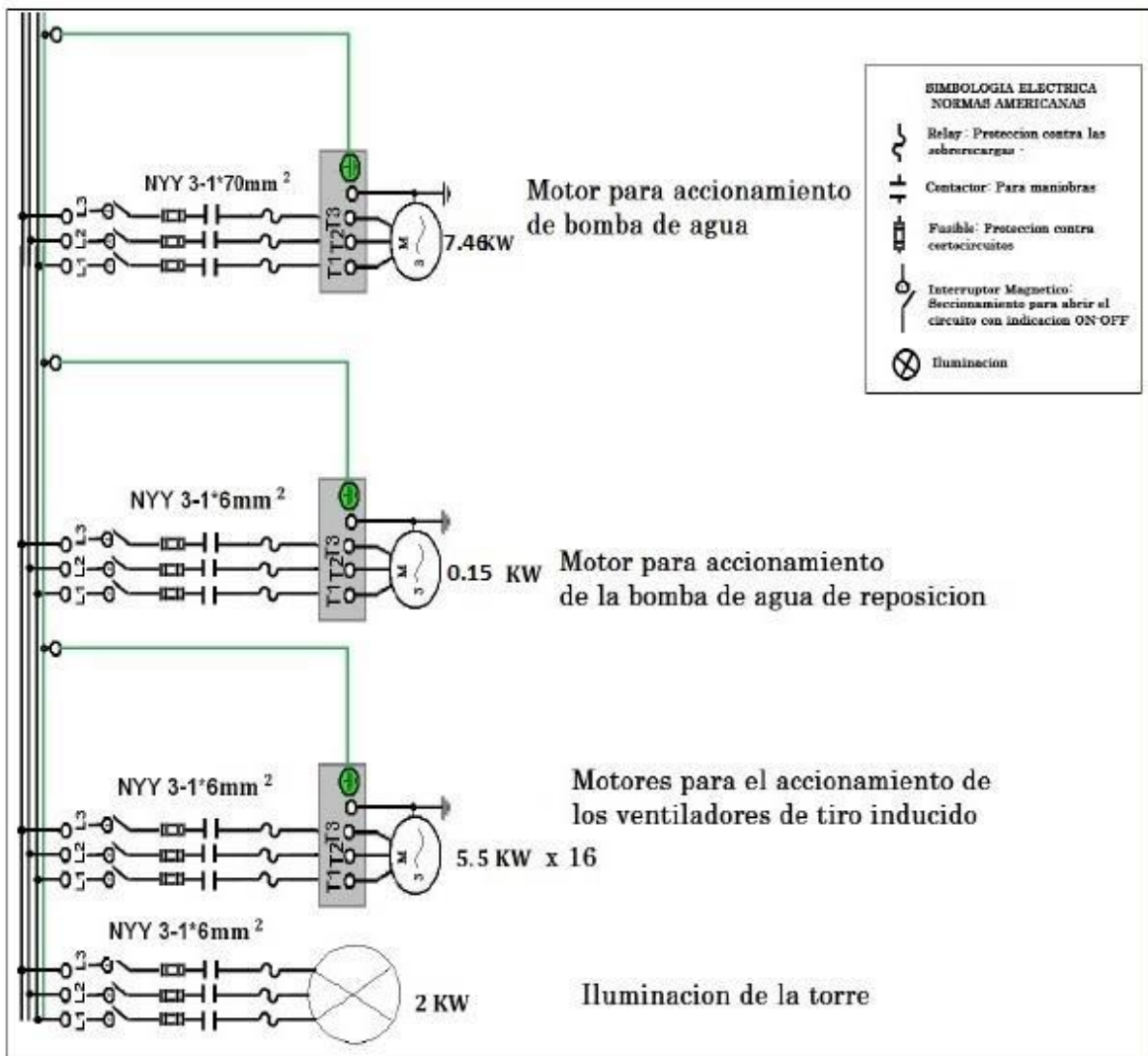
### B.1. DIAGRAMA UNIFILAR DEL LADO DEL MOSTO



### B.2. DIAGRAMA UNIFILAR DEL LADO DEL AGUA

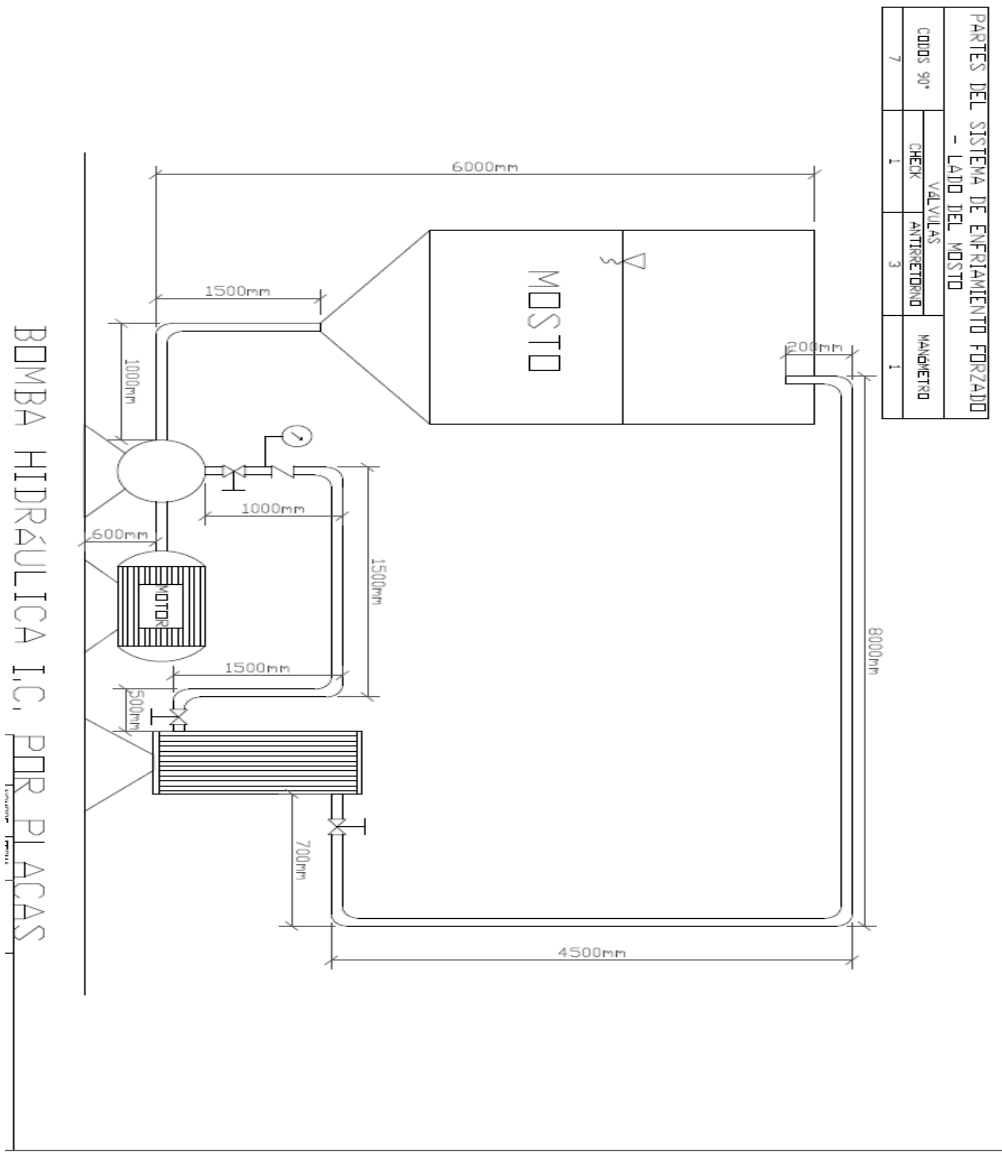


### B.3. DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

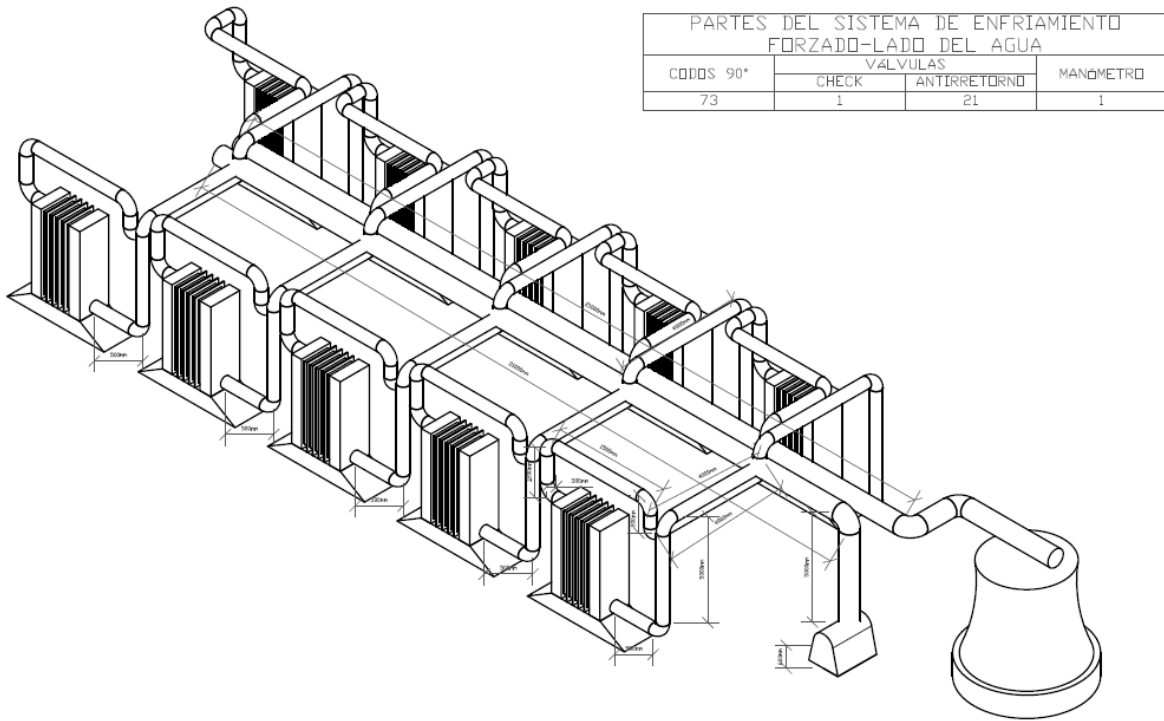




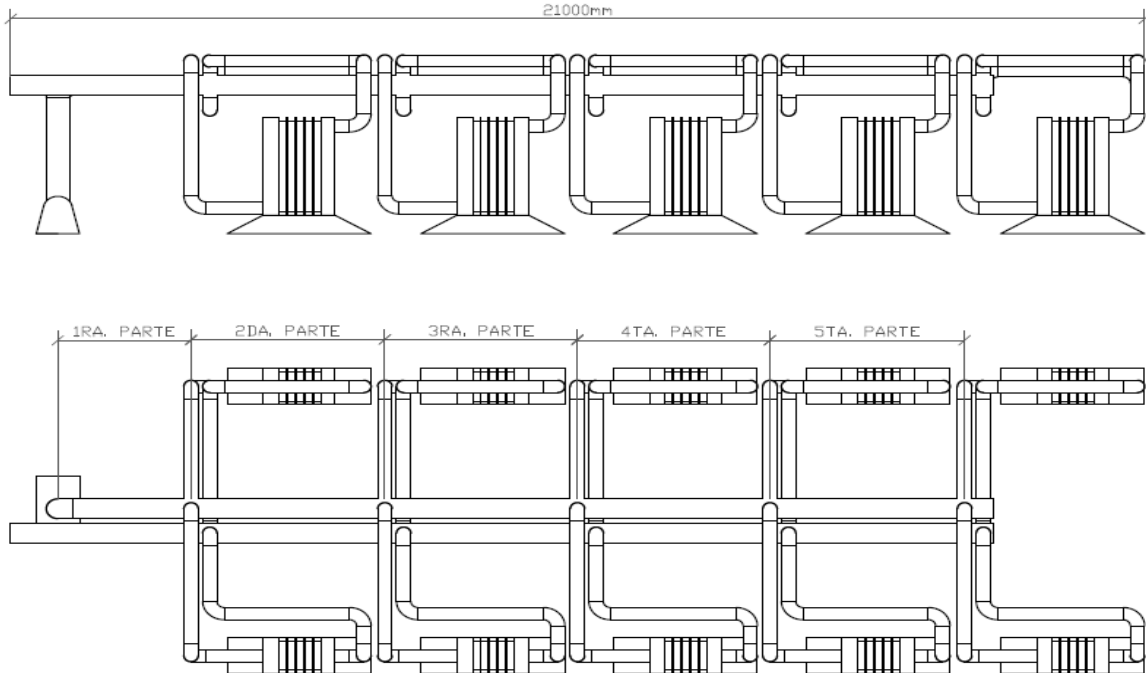
### B.4. DIAGRAMA GENERAL DE DISTRIBUCIÓN – LADO MOSTO



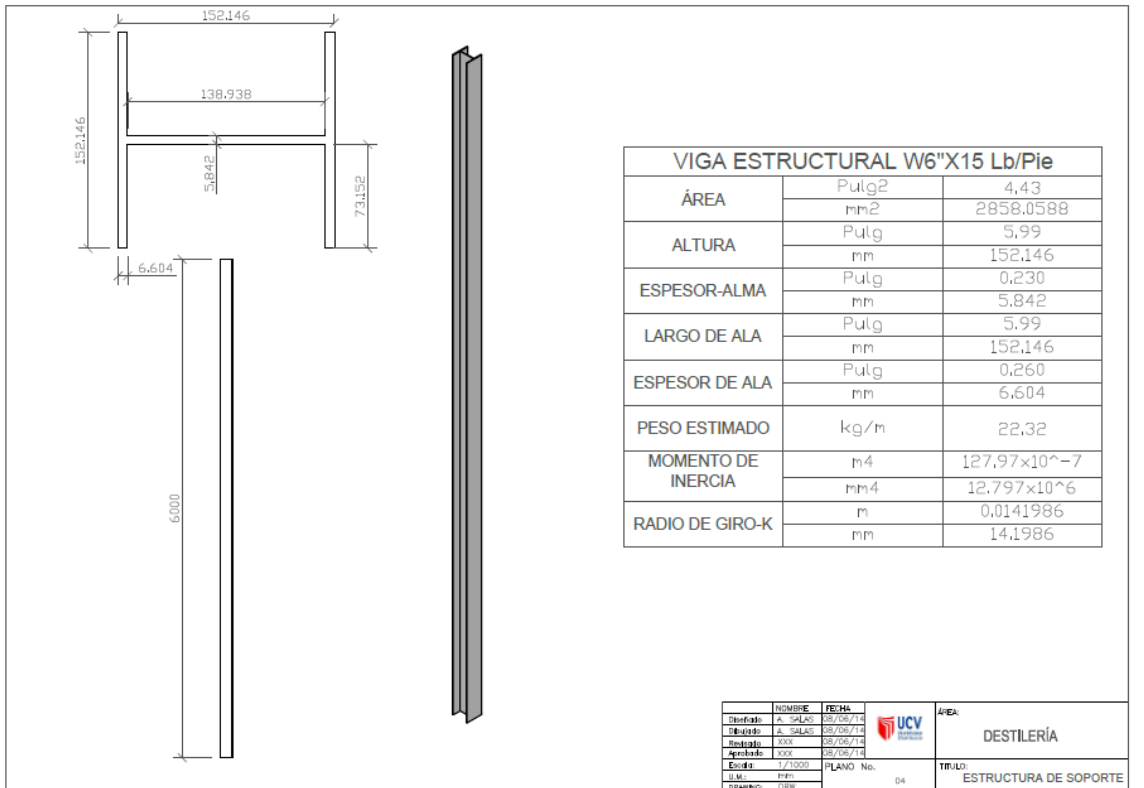
### B.5. DIAGRAMA GENERAL DE DISTRIBUCIÓN – LADO AGUA



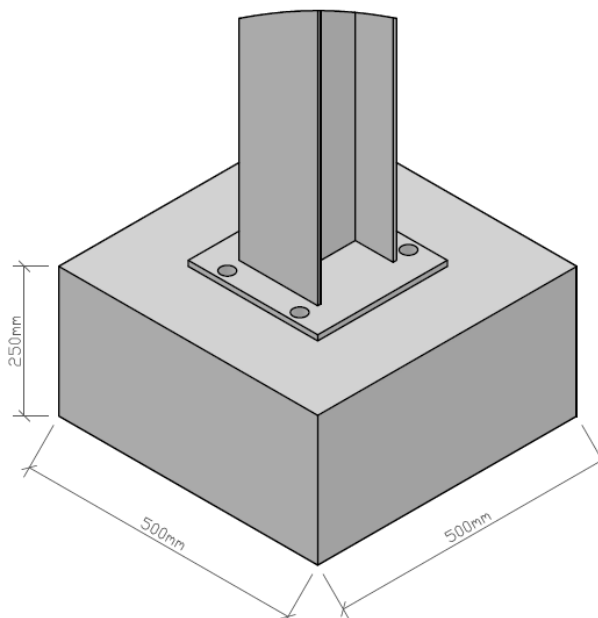
### B.6. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN – LADO AGUA



### B.7. DIAGRAMA DE VIGA DE SOPORTE DE TUBERÍAS

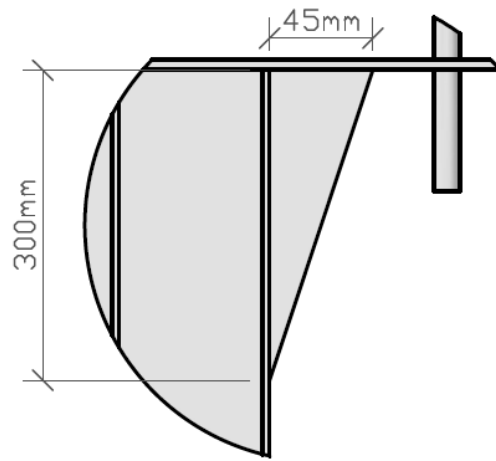


### B.8. DIAGRAMA GENERAL DE CIMENTACIÓN



---

**B.9. DIAGRAMA GENERAL DE CARTELA**

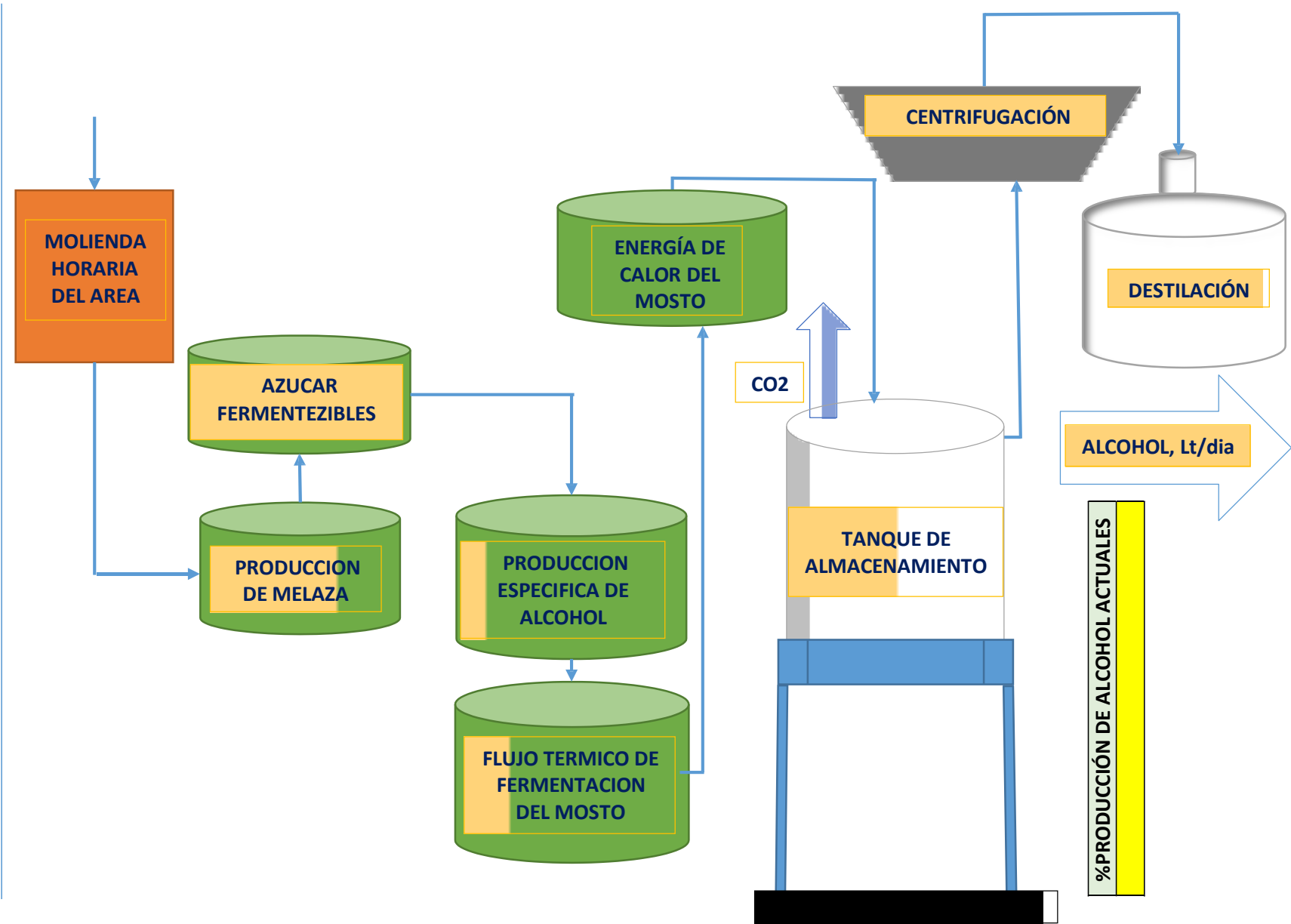


## PROGRAMACIÓN

1. Establecer los balances de masa y energía actuales de enfriamiento de mosto por convección.

<b>MOLIENDA DE CAÑA</b>	
<b>HORAS DE MOLIENDA</b>	
<b>°BRIX DE ENTRADA</b>	
<b>°BRIX DE SALIDA</b>	
<b>CALOR UNITARIO EN LA FERMENTACION DEL MOSTO</b>	
<b>Nro. DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>	
<b>TEMPERATURA DE ENTRADA AL SISTEMA</b>	
<b>TEMPERATURA DE SALIDA AL SISTEMA</b>	

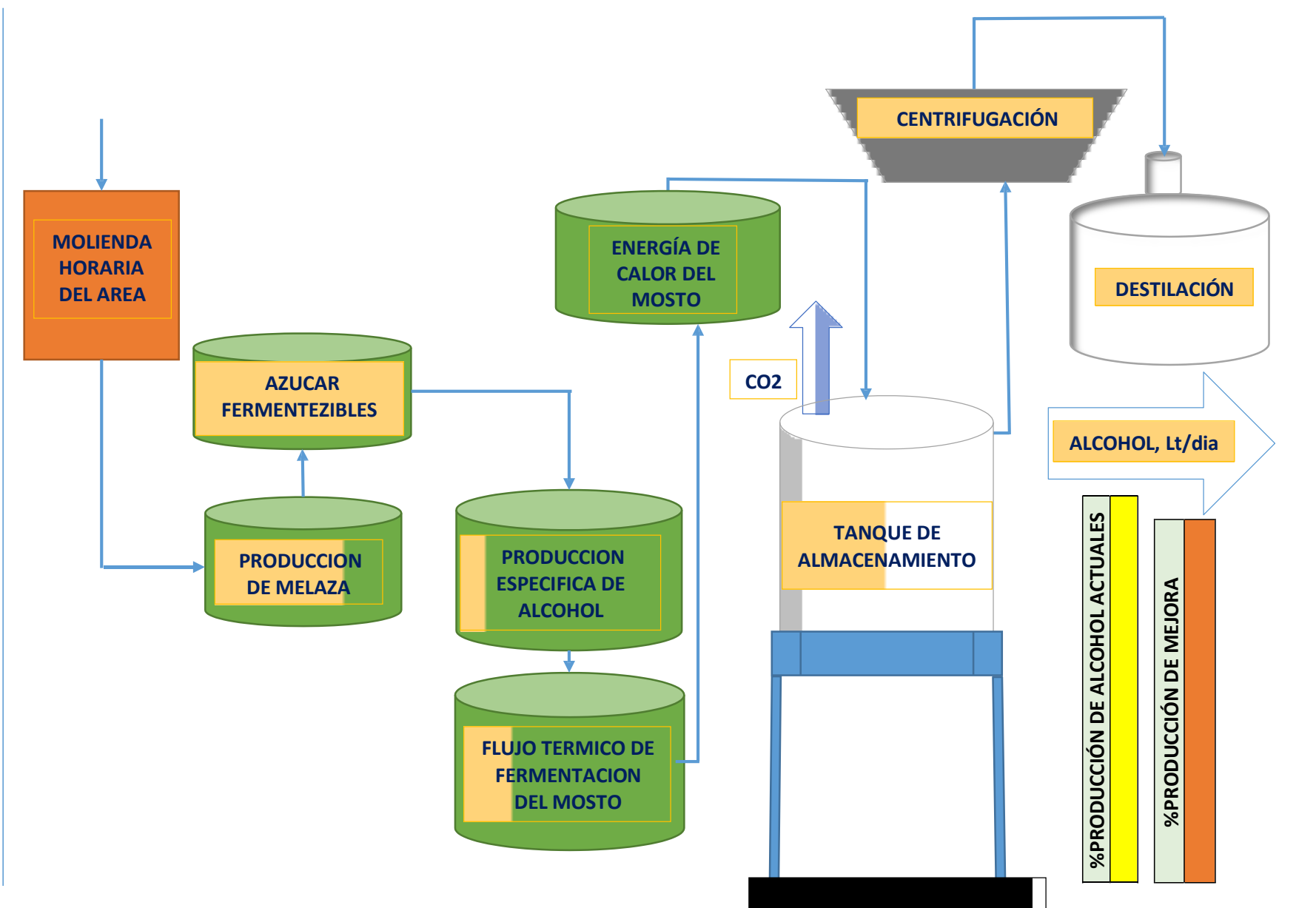
<b>MOLIENDA HORARIA DEL AREA</b>	molienda horaria/horas de molienda horaria
<b>PRODUCCION DE MELAZA</b>	molienda horaria del area/0.03 - (Ton-melaza/h)
<b>AZUCARES FERMENTEZIBLES</b>	producción de melaza*1000*0.45 (Kg AF/h)
<b>VOLUMEN DE ALCOHOL</b>	azúcares fermentezibles*0.51 (Kg alcohol/h)
<b>MASA DE AGUA</b>	(producción de melaza*°brix-entrada/°brix-salida)-produccion de melaza (Ton/h)
<b>MASA TOTAL DEL MOSTO</b>	producción de melaza+masa de agua
<b>PRODUCCION ESPECIFICA DEL ALCOHOL ETILICO</b>	azucars fermentezibles*0.5110 (Kg-alcohol/h)
<b>FLUJO TÉRMICO GENERADO EN FERMENTACIÓN DEL MOSTO</b>	producción especifica del alcohol etílico/46.07(Kmol/h)
<b>ENERGÍA DE CALOR DEL MOSTO</b>	flujo térmico generado en fermentación del mosto*65270 (KJ/h)
<b>ENERGÍA DE CALOR DEL MOSTO TOTAL</b>	energía de calor del mosto/3600(Kw)
<b>ENERGÍA DEL CALOR DEL MOSTO DE 1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>	energía de calor del mosto total/10 (Kw)
<b>% RENDIMIENTO DE ALCOHOL</b>	128.8108-1.0868*°T2



2. Establecer los balances simulados de masa y energía de masa de las nuevas condiciones del tipo de enfriamiento de mosto.

<b>MOLIENDA DE CAÑA</b>	
<b>HORAS DE MOLIENDA</b>	
<b>°BRIX DE ENTRADA</b>	
<b>°BRIX DE SALIDA</b>	
<b>CALOR UNITARIO EN LA FERMENTACION DEL MOSTO</b>	
<b>Nro. DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>	
<b>TEMPERATURA DE ENTRADA AL SISTEMA</b>	
<b>TEMPERATURA DE SALIDA AL SISTEMA</b>	

<b>MOLIENDA HORARIA DEL AREA</b>	molienda horaria/horas de molienda horaria
<b>PRODUCCION DE MELAZA</b>	molienda horaria del area/0.03 - (Ton-melaza/h)
<b>AZUCARES FERMENTEZIBLES</b>	producción de melaza*1000*0.45 (Kg AF/h)
<b>VOLUMEN DE ALCOHOL</b>	azúcares fermentezibles*0.51 (Kg alcohol/h)
<b>MASA DE AGUA</b>	(producción de melaza*°brix-entrada/°brix-salida)-produccion de melaza (Ton/h)
<b>MASA TOTAL DEL MOSTO</b>	producción de melaza+masa de agua
<b>PRODUCCION ESPECIFICA DEL ALCOHOL ETILICO</b>	azucars fermentezibles*0.5110 (Kg-alcohol/h)
<b>FLUJO TÉRMICO GENERADO EN FERMENTACIÓN DEL MOSTO</b>	producción especifica del alcohol etílico/46.07(Kmol/h)
<b>ENERGÍA DE CALOR DEL MOSTO</b>	flujo térmico generado en fermentación del mosto*65270 (KJ/h)
<b>ENERGÍA DE CALOR DEL MOSTO TOTAL</b>	energía de calor del mosto/3600(Kw)
<b>ENERGÍA DEL CALOR DEL MOSTO DE 1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>	energía de calor del mosto total/10 (Kw)
<b>% RENDIMIENTO DE ALCOHOL</b>	128.8108-1.0868*°T2





### 3. Dimensionar el enfriador de placas.

Q-UNITARIO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO		Kw
TEMPERATURA DE ENTRADA -LADO MOSTO		°C
TEMPERATURA DE SALIDA -LADO MOSTO		°C
CALOR ESPECIFICO A PRESION CONSTANTE - Cpmosto		KJ/Kg°C
TEMPERATURA DE ENTRADA -LADO AGUA		°C
TEMPERATURA DE SALIDA -LADO AGUA		°C
CALOR ESPECIFICO A PRESION CONSTANTE - Cpagua		KJ/Kg°C
TEMPERATURA DE ENTRADA -LADO AIRE		°C
TEMPERATURA DE SALIDA -LADO AIRE		°C
HUMEDAD RELATIVA - AIRE DE ENTRADA		%
HUMEDAD RELATIVA - AIRE DE SALIDA		%
CAUDAL DE ENTRADA AL SISTEMA		m3/h
DENSIDAD DEL FLUIDO DEL MOSTO		Kg/m
COEFICIENTE DE CONVECCION DE FLUIDO DE AGUA		BTU/h- pie2*°F
COEFICIENTE DE CONVECCION DE FLUIDO DE AGUA		Kcal/h-m2*°c
COEFICIENTE DE CONVECCION DE FLUIDO DE MOSTO		BTU/h- pie2*°F
COEFICIENTE DE CONVECCION DE FLUIDO DE MOSTO		Kcal/h-m2*°c

TEMPERATURA MEDIA LOGARITMICA	$\Delta^{\circ}T_m = (\Delta^{\circ}T_{frio} - \Delta^{\circ}T_{caliente} / \ln(\Delta^{\circ}T_{frio} / \Delta^{\circ}T_{caliente}))$
NUMERO DE UNIDADES DE TRANSFERENCIA DE CALOR. NTU-CALIENTE	$NTU - caliente = (^{\circ}T_1 - ^{\circ}T_2 / \Delta^{\circ}T_m)$
NUMERO DE UNIDADES DE TRANSFERENCIA DE CALOR. NTU-FRIO	$NTU - frio = (^{\circ}T_1 - ^{\circ}T_2 / \Delta^{\circ}T_m)$
SUPERFICIE DE CALEFACCIÓN	$K_s = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha - agua} + \frac{1}{\alpha - viscoso}\right)}$
ÁREA DE CALEFACCIÓN	$A_s = \frac{mag * (^{\circ}Tag_2 - ^{\circ}Tag_1)}{K_s * \Delta^{\circ}T_m}$
MASA DE AGUA	$Q - unitario = mag * C_{pag} * (^{\circ}Tag_2 - ^{\circ}Tag_1)$

Ks[Kcal/h.m<sup>2</sup>.°C]

NTU-frio

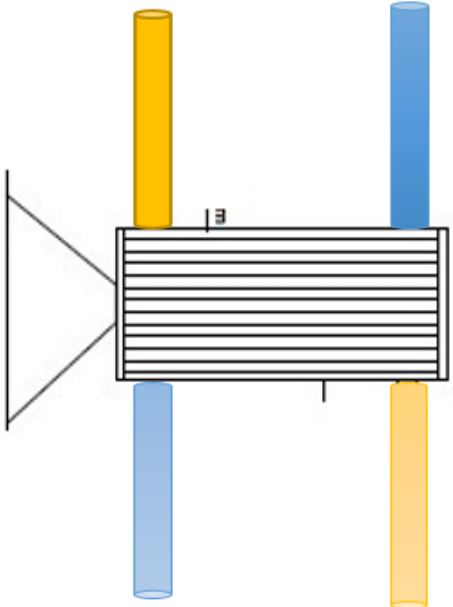
NTU-frio

$\Delta^{\circ}T_m$  (°C)

m-mosto	
	Kg/s
	Kg/h
	m <sup>3</sup> /h
	m <sup>3</sup> /s
	l/s

m-agua	
	Kg/s
	Kg/h
	m <sup>3</sup> /h
	m <sup>3</sup> /s
	l/s

# I.C. POR PLACAS



#### 4. Dimensionar tuberías de conducción de fluido de agua y mosto respectivamente.

##### LADO DEL MOSTO

MOSTO			
Q-UNITARIO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO		Kw	
TEMPERATURA DE ENTRADA -LADO MOSTO		°C	
TEMPERATURA DE SALIDA -LADO MOSTO		°C	
CALOR ESPECIFICO A PRESION CONSTANTE - Cpmosto		KJ/Kg°C	
DENSIDAD DEL FLUIDO DEL MOSTO		Kg/m3	
VELOCIDAD PROMEDIO DE SUCCIÓN DE BOMBA		m/s	<a href="#">TABLAS\TABLA DE VELOCIDADES PROMEDIO DE FLUIDOS.jpg</a>
VELOCIDAD PROMEDIO		m/s	<a href="#">TABLAS\TABLA DE VELOCIDADES PROMEDIO DE FLUIDOS.jpg</a>
VISCOSIDAD DEL ALCOHOL ETÍLICO		Pa.s	<a href="#">TABLAS\TABLA DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA DE DE MOSTO.jpg</a>
RUGOSIDAD DE LOS MATERIALES DE ACERO COMERCIAL		adimensión	<a href="#">TABLAS\TABLA DE RUGOSIDAD DE MATERIALES.jpg</a>
ALTURA TOTAL DEL SISTEMA		m	
ALTURA DE PÉRDIDA DE PRESIÓN DEL I.C. POR PLACAS		m	
ALTURA SOBRE EL EJE DE LA BOMBA		m	
SUCCIÓN PROMEDIO DE PÉRDIDAS TOTALES DEL SISTEMA-hs		m	
LONGITUD DE CABLE TOTAL		m	
GRAVEDAD		m/s <sup>2</sup>	
EFICIENCIA MECÁNICA		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
EFICIENCIA DE MOTOR ELÉCTRICO		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
EFICIENCIA DE LOS CONDUCTORES		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
TENSIÓN NOMINAL DEL MOTOR		V	
FACTOR DE POTENCIA		adimensión	
RESISTIVIDAD DEL COBRE		rho*mm <sup>2</sup> /m	<a href="#">TABLAS\TABLA DE RESISTENCIA DE MATERIALES.jpg</a>

CALOR UNITARIO DEL MOSTO-1 TANQUE	$Q - \text{unitario} = \text{masa}_{\text{mosto}} * C_{p\text{mosto}} * (^{\circ}t_{\text{salida-mosto}} - ^{\circ}t_{\text{entrada-mosto}})$
ECUACION GENERAL DE BERNOULLI	$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2 * g} + h_a - h_r - h_l = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2 * g}$
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL	$L_{\text{equivalente total-mosto}} = L_{\text{equivalente-accesorios}} + L_{\text{equivalente-lados rectos}}$
ECUACIÓN DE DARCY	$\Delta P = \frac{\zeta * L_{\text{equivalente total-mosto}} * U^2 * \rho_{\text{mosto}}}{2 * D_{\text{int}}}$
CAUDAL	$Q = A * V$
N° DE REYNOLDS	$Re = \frac{V * D_{\text{int}} * \rho_{\text{mosto}}}{\eta}$
FACTOR DE FRICCIÓN	$f = \frac{0.25}{\left( \log \left( \frac{1}{3.7 * \left( \frac{D}{\epsilon} \right) + \frac{5.74}{Re^{0.9}}} \right) \right)^2}$
ALTURA ACTIVA	$H_A = H_{\text{parcial}} + H_{\text{i.c.}} + H_{\text{accesorios}}$
POTENCIA DE BOMBA	$P_{ME} = \frac{P_{\text{bomba}}}{\eta_m * \eta_{ME} * \eta_{cd}}$
CAIDA DE TENSIÓN DE CONDUCTORES	$\Delta U_{cd} = 1.5\% * U_n$
CORRIENTE NOMINAL	$I_n = \frac{P_{ME}}{\cos \phi * U_n}$
RESISTENCIA DE CONDUCTORES	$R_{cd} = \frac{\Delta U_{cd}}{I_n}$
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR	$S = \frac{L * \rho}{R_{cd}}$

<b>m-mosto</b>	
	Kg/s
	Kg/h
	m3/h
	m3/s
	l/s

<b>Le/D - ACCESORIOS</b>	
<b>COEFICIENTE DE RESISTENCIA PARA VALVULAS Y ACCESORIOS</b>	
<b>PÉRDIDAS POR ACCESORIOS</b>	
<b>codos</b>	
<b>v. check</b>	
<b>v. antirretorno</b>	
<b>TOTAL-m</b>	
<b>TOTAL-m</b>	

<b>DIÁMETRO-m</b>	
<b>DIÁMETRO-PULG.</b>	<b>APROX. PULG</b>

<b>Re</b>		turbulento
-----------	--	------------

<b>f</b>	
----------	--

<b>DARCY</b>	
	Pascal
	bar
	m.c.a.

<b>ALTURA ACTIVA DEL SISTEMA</b>	
	m
<b>CAUDAL</b>	
	l/s

<b>NPSH-REQUERIDO-m</b>	
-------------------------	--

<b>NPSH-DISPONIBLE-m</b>	
--------------------------	--

<b>NPSH-DISPONIBLE &gt; NPSH-REQUERIDO</b>

<b>POTENCIA DE BOMBA - HP</b>	
<b>POTENCIA DE BOMBA - Kw</b>	
<b>% BOMBA</b>	

<b>POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR ELÉCTRICO-Kw</b>
<b>CAIDA DE TENSIÓN DE CONDUCTORES(Ucd-V)</b>
<b>CORRIENTE NOMINAL(In-A)</b>
<b>RESISTENCIA DE CONDUCTORES(Rcd-OHM)</b>
<b>SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR-MM2</b>

[SELECCION\SELECCION DE CABLES.jpg](#)  
[ES\DIAGRAMA UNIFILAR DE CONEXION DE M](#)

## LADO AGUA

AGUA			
Q-UNITARIO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO		Kw	
TEMPERATURA DE ENTRADA -LADO AGUA		°C	
TEMPERATURA DE SALIDA -LADO AGUA		°C	
CALOR ESPECIFICO A PRESION CONSTANTE - Cpagua		KJ/Kg°C	
DENSIDAD DEL FLUIDO DEL AGUA		Kg/m3	<a href="#">TABLAS\TABLA DE VISCOCIDAD DE AGUA.jpg</a>
VELOCIDAD PROMEDIO DE SUCCIÓN DE BOMBA		m/s	<a href="#">LAS\TABLA DE VELOCIDADES PROMEDIO DE FLUIDOS</a>
VELOCIDAD PROMEDIO		m/s	<a href="#">LAS\TABLA DE VELOCIDADES PROMEDIO DE FLUIDOS</a>
VISCOCIDAD DEL PROMEDIO DEL AGUA-30.5°C		Pa.s	<a href="#">TABLAS\TABLA DE VISCOCIDAD DE AGUA.jpg</a>
RUGOSIDAD DE LOS MATERIALES DE ACERO COMERCIAL		adimensión	<a href="#">TABLAS\TABLA DE RUGOSIDAD DE MATERIALES.jpg</a>
N° DE TANQUES A FUNCIONAMIENTO		unidad	
N° DE LADOS POR FUNCIONAMIENTO		pares	
ALTURA TOTAL DEL SISTEMA		m	
ALTURA DE PÉRDIDA DE PRESIÓN DEL I.C. POR PLACAS		m	
ALTURA SOBRE EL EJE DE LA BOMBA		m	
SUCCIÓN PROMEDIO DE PÉRDIDAS TOTALES DEL SISTEMA-hs		m	
LONGITUD DE CABLE TOTAL		m	
GRAVEDAD		m/s2	
EFICIENCIA MECÁNICA		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
EFICIENCIA DE MOTOR ELÉCTRICO		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
EFICIENCIA DE LOS CONDUCTORES		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
TENSIÓN NOMINAL DEL MOTOR		V	
FACTOR DE POTENCIA		adimensión	
RESISTIVIDAD DEL COBRE		rho*mm2/m	<a href="#">TABLAS\TABLA DE RESISTENCIA DE MATERIALES.jpg</a>

CALOR UNITARIO DEL MOSTO-1 TANQUE	$Q - \text{unitario} = \text{masa}_{\text{mosto}} * C_{p\text{mosto}} * (^{\circ}t_{\text{salida-mosto}} - ^{\circ}t_{\text{entrada-mosto}})$
ECUACION GENERAL DE BERNOULLI	$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2 * g} + h_a - h_r - h_l = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2 * g}$
LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL	$L_{\text{equivalente total-mosto}} = L_{\text{equivalente-accesorios}} + L_{\text{equivalente-lados rectos}}$
ECUACIÓN DE DARCY	$\Delta P = \frac{\zeta * L_{\text{equivalente total-mosto}} * U^2 * \rho_{\text{most}}}{2 * D_{\text{int}}}$
CAUDAL	$Q = A * V$
N° DE REYNOLDS	$Re = \frac{V * D_{\text{int}} * \rho_{\text{mosto}}}{\eta}$
FACTOR DE FRICCIÓN	$f = \frac{0.25}{\left( \log \left( \frac{1}{3.7 * \left( \frac{D}{\epsilon} \right)} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right)^2}$
ALTURA ACTIVA	$H_A = H_{\text{parcial}} + H_{i.c.} + H_{\text{accesorios}}$
POTENCIA DE BOMBA	$P_{ME} = \frac{P_{\text{bomba}}}{\eta_m * \eta_{ME} * \eta_{cd}}$
CAIDA DE TENSIÓN DE CONDUCTORES	$\Delta U_{cd} = 1.5\% * U_n$
CORRIENTE NOMINAL	$I_n = \frac{P_{ME}}{\cos \phi * U_n}$
RESISTENCIA DE CONDUCTORES	$R_{cd} = \frac{\Delta U_{cd}}{I_n}$
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR	$S = \frac{L * \rho}{R_{cd}}$

<b>m-mosto</b>	
	Kg/s
	Kg/h
	m3/h
	m3/s
	l/s

<b>Le/D - ACCESORIOS</b>	
<b>COEFICIENTE DE RESISTENCIA PARA VALVULAS Y ACCESORIOS</b>	
<b>PÉRDIDAS POR ACCESORIOS</b>	
<b>codos</b>	
<b>v. check</b>	
<b>v. antirretorno</b>	
<b>TOTAL-m</b>	
<b>TOTAL-m</b>	

<b>DIÁMETRO-m</b>	
<b>DIÁMETRO-PULG.</b>	<b>APROX. PULG</b>

<b>Re</b>		turbulento
-----------	--	------------

<b>f</b>	
----------	--

<b>DARCY</b>	
	Pascal
	bar
	m.c.a.

<b>ALTURA ACTIVA DEL SISTEMA</b>	
	m
<b>CAUDAL</b>	
	l/s

<b>NPSH-REQUERIDO-m</b>	
-------------------------	--

<b>NPSH-DISPONIBLE-m</b>	
--------------------------	--

<b>NPSH-DISPONIBLE&gt;NPSH-REQUERIDO</b>

<b>POTENCIA DE BOMBA - HP</b>	
<b>POTENCIA DE BOMBA - Kw</b>	
<b>% BOMBA</b>	

<b>POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR ELÉCTRICO-Kw</b>
<b>CAIDA DE TENSIÓN DE CONDUCTORES(Ucd-V)</b>
<b>CORRIENTE NOMINAL(In-A)</b>
<b>RESISTENCIA DE CONDUCTORES(Rcd-OHM)</b>
<b>SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR-MM2</b>

[SELECCION\SELECCION DE CABLES.jpg](#)  
[ES\DIAGRAMA UNIFILAR DE CONEXION DE M](#)

**BOMBA DE AGUA DE REPOSICIÓN**

TEMPERATURA DE ENTRADA -LADO AGUA	°C	
TEMPERATURA DE SALIDA -LADO AGUA	°C	
CALOR ESPECIFICO A PRESION CONSTANTE - C <sub>p</sub> agua	KJ/Kg°C	
TEMPERATURA AMBIENTE-EN CONDICIONES AMBIENTALES	°C	
TEMPERATURA DE AIRE DE ENTRADA	°C	
HUMEDAD RELATIVA EN TRUJILLO-DE ENTRADA	%	
TEMPERATURA DE AIRE DE SALIDA	°C	
HUMEDAD RELATIVA EN TRUJILLO-DE SALIDA	°C	
CALOR LATENTE DE CAPORIZACIÓN	adimensión	
HUMEDAD RELATIVA-ENTRADA	adimensión	<a href="#">TABLAS\TABLA DE CARTA PSICOMÉTRICA.iwg</a>
HUMEDAD RELATIVA-SALIDA	adimensión	<a href="#">TABLAS\TABLA DE CARTA PSICOMÉTRICA.iwg</a>
EFICIENCIA MECÁNICA	%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.iwg</a>
EFICIENCIA DE MOTOR ELÉCTRICO	%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.iwg</a>
EFICIENCIA DE LOS CONDUCTORES	%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.iwg</a>
TENSIÓN NOMINAL DEL MOTOR	V	
FACTOR DE POTENCIA	adimensión	
LONGITUD DE CABLE TOTAL	m	
RESISTIVIDAD DEL COBRE	rho*mm2/m	<a href="#">TABLAS\TABLA DE RESISTENCIA DE MATERIALES.iwg</a>
ENTALPIA DE AIRE	$h_{\text{aire}} = 1.0045 * \theta_{\text{aire}}^T + X_{\text{aire}} * (1.0 + 1.886 * \theta_{\text{aire}}^T)$	
MASA DE AIRE A REPOSICIÓN	$m_{\text{masa aire-reposicion}} = m_{\text{aire-seco}} * (X_{\text{aire-frio}} - X_{\text{aire-caliente}})$	
MASA DE AIRE SECO	$m_{\text{aire-seco}} = \frac{m_{\text{agua}} * (h_{\text{ag-frio}} - h_{\text{ag-caliente}})}{(1 + X_{\text{aire-caliente}}) * h_{\text{aire-caliente}} - (1 + X_{\text{aire-frio}}) * h_{\text{aire-frio}} - (X_{\text{aire-caliente}} - X_{\text{aire-frio}}) * h_{\text{ag-reposicion}}}$	
MASA DE AIRE A REPOSICIÓN	$m_{\text{masa aire-reposicion}} = m_{\text{aire-seco}} * (X_{\text{aire-frio}} - X_{\text{aire-caliente}})$	

aire-frio(KJ/Kg)	
aire-caliente(KJ/Kg)	

masa(aire-seco)-Kg/s	
----------------------	--

masa de aire a reposición	
	Kg/s
	Kg/h
	m3/h
	m3/s
	l/s
POTENCIA DE BOMBA - HP	
POTENCIA DE BOMBA - Kw	
% BOMBA	

POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR ELÉCTRICO-Kw
TENSIÓN DE CONDUCTORES(Ucd-V)
CORRIENTE NOMINAL(In-A)
RESISTENCIA DE CONDUCTORES(Rcd-OHM)
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR-MM2
<a href="#">SELECCION\SELECCION DE CABLES.jpg</a>

### MOTOR DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN

POTENCIA REQUERIDA POR EL MOTOR ELÉCTRICO DE POTENCIA DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN	
POTENCIA REQUERIDA PARA ILUMINAR LA TORRE-Kw	
POTENCIA REQUERIDA PARA ILUMINAR LA TORRE-HP	

EFICIENCIA MECÁNICA		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
EFICIENCIA DE MOTOR ELÉCTRICO		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
EFICIENCIA DE LOS CONDUCTORES		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
TENSIÓN NOMINAL DEL MOTOR		V	
FACTOR DE POTENCIA		adimensión	
LONGITUD DE CABLE TOTAL		m	
RESISTIVIDAD DEL COBRE		rho*mm2/m	<a href="#">TABLAS\TABLA DE RESISTENCIA DE MATERIALES.jpg</a>

POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR ELÉCTRICO-Kw
TENSIÓN DE CONDUCTORES(Ucd-V)
CORRIENTE NOMINAL(In-A)
RESISTENCIA DE CONDUCTORES(Rcd-OHM)
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR-MM2
<a href="#">SELECCION\SELECCION DE CABLES.jpg</a>



## MOTOR DE SISTEMA DE VENTILADORES

POTENCIA REQUERIDA POR EL MOTOR ELÉCTRICO DE ACCIONAMIENTO DE VENTILADORES	
POTENCIA REQUERIDA PARA EL ACCIONAMIENTO DE VENTILADORES-Kw	
POTENCIA REQUERIDA PARA EL ACCIONAMIENTO DE VENTILADORES-HP	

EFICIENCIA MECÁNICA		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
EFICIENCIA DE MOTOR ELÉCTRICO		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
EFICIENCIA DE LOS CONDUCTORES		%	<a href="#">SELECCION\TABLA DE EFICIENCIA DE MOTORES.jpg</a>
TENSIÓN NOMINAL DEL MOTOR		V	
FACTOR DE POTENCIA		adimensión	
LONGITUD DE CABLE TOTAL		m	
RESISTIVIDAD DEL COBRE		$\rho \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	<a href="#">TABLAS\TABLA DE RESISTENCIA DE MATERIALES.jpg</a>

POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR ELÉCTRICO-Kw	
PÉRDIDA DE TENSIÓN DE CONDUCTORES(Ucd)	
CORRIENTE NOMINAL(In-A)	
RESISTENCIA DE CONDUCTORES(Rcd-OHM)	
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR-MM <sup>2</sup>	
	<a href="#">SELECCION\SELECCION DE CABLES.jpg</a>

5. Dimensionar y seleccionar el sistema de soporte del sistema de enfriamiento.

SELECCIÓN DE VIGA		
CALOR UNITARIO DEL SISTEMA		Kw
CAUDAL DEL SISTEMA APROXIMADO		Kg/s
VELOCIDAD PROMEDIO		m/s
ALTURA TOTAL DEL VIGA		m
CALOR TOTAL EN EL SISTEMA		Kw
CANTIDAD DE TUBERIAS QUE SOSTIENE LA VIGA		unidades
LONGITUD TOTAL DE TUBERIA		unidades
DENSIDAD DE AGUA		Kg/m <sup>3</sup>
GRAVEDAD		m/s <sup>2</sup>
FACTOR DE SEGURIDAD -PANDEO		adimensión
NUMERO DE VIGAS		unidades
MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO		Gpa
PESO DE VIGA TOTAL DE 6 METROS		Kg
FACTOR DE SEGURIDAD PARA SOPORTE DE VIGA		adimensión
ESFUERZO CORTANTE DE LA PLACA POR DISEÑO		Mpa
LARGO DE PLANCHA - ASUMIDO INFERIOR		m
ANCHO DE PLANCHA - ASUMIDO INFERIOR		m
ANCHO DE PLANCHA - ASUMIDO SUPERIOR		m
LARGO DE PLANCHA - ASUMIDO INFERIOR		m
NÚMERO DE PERNOS		unidades
FACTOR DE SEGURIDAD DEL PERNO		adimensión
PESO ESPECÍFICO DEL ACERO		N/m <sup>3</sup>
ESFUERZO ADMISIBLE DEL TERRENO-ARCILLA DURA		Pa
PESO ESPECÍFICO DEL TERRENO		N/m <sup>3</sup>
DIÁMETRO EXTERIOR DE TUBERÍA-SCH40		m
PRESIÓN DEL VIENTO		Pa
ÁREA DE LA VIGA ESTRUCTURAL W6x15lb/Pie		mm <sup>2</sup>
LÍMITE DE FLUENCIA DE SOLDADURA		MPa
SECCIÓN DE CORDÓN DE SOLDADURA		m
ALTURA TOTAL DE LA VIGA-b		m
ANCHO TOTAL DE LA VIGA-d		m
DENSIDAD DE SOLDADURA		Kg/m <sup>3</sup>
FACTOR DE SEGURIDAD DE SOLDADURA		adimensión
LARGO DE CARTELA A SOLDAR		m
ANCHO DE CARTELA A SOLDAR		m
VELOCIDAD DE SOLDADO PROMEDIO		Kg/h

PESO CRÍTICO TOTAL	$P_{(crítico)-total} = F.S. * W_{total}$
PESO CRÍTICO	$P_{(crítico)} = \frac{P_{(crítico)-total}}{n \text{ de vigas}}$
ECUACIÓN DE EULER	$I = \frac{P_{(crítico)} * H^2}{E * \pi^2}$
RADIO DE GIRO	$K = \frac{H}{100}$
PESO LINEAL DE LA VIGA	$W_p = W_{viga} + P_{(crítico)}$
TEORÍA DE FALLA, ESFUERZO CORTANTE	$\tau = \frac{W_p}{t}$
ESFUERZO MÁXIMO CORTANTE DEL MATERIAL	$\tau_{máx} = \frac{S_y}{2} \rightarrow n = \frac{\tau_{máx}}{\tau}$
FUERZA CORTANTE DE PERNO	$V_{perno} = \frac{W_p}{n \text{ pernos}}$
ÁREA TRANSVERSAL DEL PERNO	$A = \frac{n * V_{perno}}{\tau_{máx}}$
DIÁMETRO DEL PERNO	$d = \sqrt{\frac{4 * V_{perno}}{\pi * \tau_{máx}}}$
PESO DE PLACAS	$P_{placas} = (Y_{material} * V_{placa1} + Y_{material} * V_{placa2})$
PESO TOTAL QUE SOPORTA LA BASE DE CIMENTO	$F_t = W_{viga} + P_{(crítico)} + P_{placas}$
ANCHURA Y ALTURA DE CIMENTO	$b^2 = \frac{F_t}{(\sigma_{(admisible)})_{terreno} - \gamma_{terreno} * e}$

VERIFICACIÓN DE LA BASE DE CONCRETO	$\sigma_{(efectuado)} < \sigma_{(admisible)_{terreno}}$
FUERZA DEL VIENTO TOTAL	$F_{viento-total} = P_{viento} * A_{lateral \text{ de la tubería}}$
ÁREA LATERAL DE LA TUBERÍA	$A_{lateral \text{ de la tubería}} = \pi * d_{ext} * L_{total}$
FUERZA CORTANTE OCASIONADA POR EL VIENTO	$V_{viento} = \frac{F_{viento-total}}{n \text{ vigas}}$
ÁREA TOTAL DE LA GARGANTA DE SOLDADURA	$A = 1.414 * h * (b + d)$
MOMENTO DE INERCIA UNITARIO	$I_u = \frac{d^2}{6} * (3 * b + d)$
MOMENTO DE INERCIA BASADO EN LA SOLDADURA	$A = 1.414 * h * (b + d)$
ESFUERZO QUE PRODUCE UN ESFUERZO NORMAL	$\sigma_{máx} = \frac{W_p}{A_{viga}} + \frac{M * C}{I_u}$
MASA DE SOLDADURA	$m_{soldadura} = \frac{\rho_{soldadura} * h^2 * L_{cordón} * F.S.}{\eta_{arco}}$
MASA TOTAL DE SOLDADURA	$m_{soldadura-vigas} = m_{soldadura} * n \text{ de perfiles}$
TIEMPO A SOLDAR	$t_{soldar} = \frac{W_{soldadura \text{ total}}}{tiempo_{promedio}}$

CAUDAL DE DIFERENCIA	
	Kg/s
	m3/s

TUBERÍA SCH-40 - 8"	
	longitud
	kg/m
	D-interno
	área
	volumen

TUBERÍA SCH-40 - 6"	
	longitud
	kg/m
	D-interno
	área
	volumen

TUBERÍA SCH-40 - 4"	
	longitud
	kg/m
	D-interno
	área
	volumen

1era. PARTE			2da. PARTE			3era. PARTE			4ta. PARTE			5ta. PARTE		
CAUDAL INICIAL		m3/s	CAUDAL INICIAL		m3/s	CAUDAL INICIAL		m3/s	CAUDAL INICIAL		m3/s	CAUDAL INICIAL		m3/s
DIAMETRO		m	DIAMETRO		m	DIAMETRO		m	DIAMETRO		m	DIAMETRO		m
DIAMETRO		pulgadas	DIAMETRO		pulgadas	DIAMETRO		pulgadas	DIAMETRO		pulgadas	DIAMETRO		pulgadas
PESO VACIO DE TUBERÍA		Kg	PESO VACIO DE TUBERÍA		Kg	PESO VACIO DE TUBERÍA		Kg	PESO VACIO DE TUBERÍA		Kg	PESO VACIO DE TUBERÍA		Kg
PESO LLENO DE TUBERÍA		Kg	PESO LLENO DE TUBERÍA		Kg	PESO LLENO DE TUBERÍA		Kg	PESO LLENO DE TUBERÍA		Kg	PESO LLENO DE TUBERÍA		Kg

	PESO TOTAL KgxTUBERIA	PESO POR 2 TUBERIAS-Kg	PESO POR 2 TUBERIAS-N

CARGA CRÍTICA POR PANDEO TOTAL	
	N

CARGA CRÍTICA POR PANDEO TOTAL	
	N

ECUACIÓN DE EULER		RADIO DE GIRO	
	m <sup>4</sup>		m
	mm <sup>4</sup>		mm

PESO LINEAL DE LA VIGA	
	peso de viga-N
	N

ESFUERZO CORTANTE-TEORÍA DE FALLA-PARTE SUPERIOR	
	mm
	pulgadas

ESFUERZO CORTANTE-TEORÍA DE FALLA-PARTE INFERIOR	
	mm
	pulgadas

FUERZA CORTANTE DEL PERNO	
	N

VOLUMEN DE PLACA	
	superior-N

VOLUMEN DE PLACA	
	inferior-N

PESO DE PLACAS	
	N

PESO QUE SOPORTA LA VIGA	
	N

ANCHURA Y ALTURA DE CIMENTACIÓN	
	mm-alto
	mm-ancho

VERIFICACIÓN DE BASE DE CONCRETO	
	Pa
	Pa
$\sigma_{(efectuado)} < \sigma_{(admisible)terreno}$	

---

<b>ANÁLISIS DE SOLDADURA</b>	
------------------------------	--

<b>ÁREA LATERAL DE TUBERÍA</b>	
	m <sup>2</sup>

<b>FUERZA TOTAL DEL VIENTO</b>	
	m <sup>2</sup>

<b>FUERZA CORTANTE OCACIONADA POR EL VIENTO</b>	
	N

<b>ÁREA TOTAL DE LA GARGANTA DE SOLDADURA</b>	
	m <sup>2</sup>

<b>ESFUERZO CORTANTE DE SOLDADURA</b>	
	Mpa

<b>MOMENTO DE INERCIA UNITARIO</b>	
	m <sup>3</sup>

<b>MOMENTO DE INERCIA BASADO EN LA GARGANTA DE LA SOLDADURA</b>	
	m <sup>4</sup>

<b>MOMENTO FLECTOR QUE PRODUCE UN ESFUERZO NORMAL POR FLEXIÓN</b>	
	Mpa

<b>ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO POR ESFUERZO NORMAL POR FLEXIÓN</b>	
	Mpa

<b>FACTOR DE SEGURIDAD DE SOLDADURA</b>		
		DIMENSIONAL
<b>MARGEN DE SEGURIDAD MINIMA</b>		

---

<b>CANTIDAD DE SOLDADURA PARA PERFILES</b>	
--	--

<b>MASA DE SOLDADURA-PERFILES DE VIGA</b>	
	longitud de cordón de perímetro de viga(m)
	MASA DE SOLDADURA(Kg)

<b>MASA DE SOLDADURA TOTAL</b>	
	4 vigas ambas partes
	MASA TOTAL DE SOLDADURA(Kg)

<b>MASA DE SOLDADURA-UNIÓN ENTRE TUBERÍAS</b>	
	longitud de cordón de perímetro de tubería(m)
	MASA DE SOLDADURA(Kg)

<b>MASA DE SOLDADURA TOTAL</b>	
	<sup>o</sup> N de perfiles de tuberías
	MASA TOTAL DE SOLDADURA(Kg)

<b>MASA DE SOLDADURA-UNIÓN ENTRE TUBERÍAS Y CODOS</b>	
	longitud de cordón de perímetro de tubería(m)
	MASA DE SOLDADURA(Kg)

<b>MASA DE SOLDADURA TOTAL</b>	
	<sup>o</sup> N de codos
	MASA TOTAL DE SOLDADURA(Kg)

<b>MASA DE SOLDADURA-UNIÓN ENTRE TUBERÍAS Y VÁLVULAS</b>	
	longitud de cordón de perímetro de tubería(m)
	MASA DE SOLDADURA(Kg)

<b>MASA DE SOLDADURA TOTAL</b>	
	<sup>o</sup> N de válvulas
	MASA TOTAL DE SOLDADURA(Kg)

<b>MASA DE SOLDADURA-UNIÓN ENTRE CARTELAS Y VIGAS</b>	
	longitud de cordón de perímetro de tubería(m)
	MASA DE SOLDADURA(Kg)

MASA DE SOLDADURA TOTAL	
	°N de cartelas
	MASA TOTAL DE SOLDADURA(Kg)

	MASA TOTAL DE SOLDADURA
--	-------------------------

	TIEMPO A SOLDAR EN HORAS
--	--------------------------

6. Establecer el análisis financiero: PRI (periodo de retorno de inversión), VAN (valor actual neto), TIR (tasa interna de retorno).

INVERSIONES EN ACTIVOS FIJOS EN EL AREA DE DESTILERIA				
Denominación		Cantidad	Costo Unitario USAS	Total USAS
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
<b>SISTEMA MECÁNICO</b>				

SISTEMA MECÁNICO				
22				
23				
24				
25				
26				
28				
29				
30				
31				

Costos	N.S./año	USAS/año
--------	----------	----------

COSTO CONSUMO AGUA DE REPOSICIÓN		



Cálculo de TIR y VAN		
Años	Flujo de Fondos	Movimientos en el Periodo - Año
Inversión		Costo Inicial del Proyecto
1		Beneficios Netos anuales
2		Beneficios Netos anuales
3		Beneficios Netos anuales
4		Beneficios Netos anuales
5		Beneficios Netos anuales
6		Beneficios Netos anuales
7		Beneficios Netos anuales
8		Beneficios Netos anuales
9		Beneficios Netos anuales
10		Beneficios Netos anuales
11		Beneficios Netos anuales
12		Beneficios Netos anuales
13		Beneficios Netos anuales
14		Beneficios Netos anuales
15		Beneficios Netos anuales
16		Beneficios Netos anuales
17		Beneficios Netos anuales
18		Beneficios Netos anuales
19		Beneficios Netos anuales
20		Beneficios Netos anuales
Total Ingresos		
Tasa de Interés:		
TIR		Tasa interna de Retorno
VAN		Valor Actual Neto

VA(Io)	
VA(Bn)	
VA(Io) + VA(Bn)	
Número de años, N	
$PRI (Años) = (VA(Io) / (VA(Bn) / N))$	

**PRI: PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN**