

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país cuya principal fuente de ingresos económicos es el petróleo; sin embargo la actividad pesquera también aporta a la economía del país, pues hay un incremento en la producción pesquera y en especial en la provincia de Santa Elena, debido al aumento de productores marinos, e industrias, plantas de procesamiento y empacadoras. También han incrementado el número de embarcaciones construidas en fibra de vidrio, que permiten capturar el pescado de forma artesanal o transportar desde embarcaciones más grandes hasta los puntos de distribución.

El uso de hielo triturado para mantener fresco los mariscos, posibilita un aumento efectivo de la duración de las salidas de pesca y por tanto, permite aumentar el volumen de captura y el consiguiente beneficio económico, debido a que los productos que llegan al mercado en buenas condiciones, alcanzan generalmente buenos precios. Por esta razón es necesario facilitar hielo picado que sea económicamente accesible al sector pesquero.

Adicional a esto, la temporada alta, provoca un incremento de la demanda de hielo triturado y por esto las fábricas de hielo aumenten su producción, capacidad de almacenamiento y hacen mejora el proceso de trituración ya sea reparando o adquiriendo nuevos equipos.

Las fábricas de hielo se clasifican según el tipo de hielo que producen, teniendo así:

- Hielo en bloques
- Hielo en escamas
- Hielo en placas o en tubos
- Hielo fundente, etc.

El tipo de hielo que se trata en esta tesis es el hielo en bloques, que se lo realiza en fábricas tradicionales, el peso del bloque puede oscilar entre 12 y 150 kg., es preferible un espesor de 150 a 170 mm. para evitar que se quiebren.

El hielo en bloque es la forma de hielo más vendida, debido a una variedad de razones por ejemplo, se derriten más lentamente que los otros tipos de formas de hielo, la forma rectangular facilita su manipulación, almacenamiento y transportación.

Para la industria hielera es conveniente transportar el hielo en bloques hasta los diferentes puertos pesqueros, ya que si realiza el proceso de trituración en la fábrica los costos de mano de obra aumentarían (ensacar y estibar), además el hielo triturado al ser transportado pierde su forma, se compacta y para el consumidor final este tipo de hielo no es apreciable, debido a la

merma producida durante la transportación. Por tanto es necesario que existan equipos trituradores de bloques de hielo en los diferentes puertos pesqueros para de esta manera ofrecer un buen producto al consumidor.

Hay que recalcar que la mayoría de los puertos pesqueros tienen trituradores de hielo, que están fabricadas parcialmente en acero ASTM A 36 y acero inoxidable, pero debido a que el hielo está en contacto directo con el marisco, es necesario que la construcción de dicho triturador sea totalmente en acero inoxidable y de esta manera cumplir con regulaciones alimenticias.

La tesis tiene por objeto realizar el diseño y construcción de un equipo triturador de hielo industrial, el cual me permita triturar bloques de hielo de una manera continua y con una capacidad de 25 Ton/hora.

Para lo cual se recopila información básica acerca de la producción de hielo, la conservación del pescado y la teoría que ayuda a entender el funcionamiento y comportamiento de los diferentes elementos constituyen al equipo triturador.

Para obtener la alternativa de solución que cumpla con los requisitos especificados, se plantea 3 casos, en los cuales se realiza un análisis de; funcionalidad, mantenimiento, operación y costos de fabricación.

Una vez obtenida la alternativa de solución se procede a diseñar y seleccionar cada uno de los elementos que conforman el equipo triturador.

Después del diseño de los elementos que constituyen la máquina se realiza un análisis económico para obtener el costo aproximado de la construcción del equipo triturador.

Al final del trabajo se concluyó y se dio ciertas recomendaciones, también se adjunta la información para la selección de los elementos del equipo.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES DEL HIELO INDUSTRIAL EN MARQUETAS

El agua en el mundo está presente en tres estados naturales, líquido, gaseoso y sólido. Al estado sólido se le conoce como hielo: por tanto el hielo es agua sólida cristalizada.

Ciertas formas congeladas de otras sustancias como el dióxido de carbono, se conoce como hielo seco.

Propiedades del Hielo.

El hielo posee algunas propiedades, pero las que se pueden observar sin la utilización de un equipo especial son, lo incoloro y transparente, para obtener información de otras propiedades se tiene que recurrir a experimentos y la utilización de equipos más complejos.

A continuación se enuncian algunas de las propiedades del hielo más importantes.

- . El hielo es incoloro transparente.
- . Cristaliza en el sistema hexagonal
- . Punto de fusión es de 0°C.

A 0°C tiene una densidad relativa de 0.9168 comparada con la densidad 0,9998 g/cm³ del agua a la misma temperatura, como consecuencia el hielo flota en el agua.

Debido a que el agua se expande al solidificarse, al aumentar la presión tiende a transformar el hielo en agua. Este efecto no es muy marcado para los aumentos ordinarios de presión. Por ejemplo, a una presión 100 veces la presión atmosférica normal el punto de fusión del hielo es sólo 1 °C. menor que a una presión normal. A presiones más altas, sin embargo, se forman varias modificaciones alotrópicas o ortótropos (diferentes formas de un elemento existentes en el mismo estado físico) del hielo.

Estas formas se designan como Hielo II Hielo III. Hielo V, Hielo VI y Hielo VII El hielo ordinario es el Hielo I. Esos ortótropos son más densos que el agua y sus puntos de fusión aumentan al aumentar la presión.

A unas 6.000 atmósferas, el punto de fusión vuelve a ser de 0°C. y a una presión de 20.000 atmósferas, el punto de fusión se eleva por encima de los 80°C.

En la tabla 1 se describe las propiedades del hielo; como densidad, calor específico, calor latente de fusión, punto de fusión de los tipos de hielo que se fabrican, conductividad térmica.

TABLA 1
PROPIEDADES DEL HIELO

| PROPIEDADES | UNIDADES MÉTRICAS | OBSERVACIONES |
|----------------------------|--------------------------|--|
| Densidad | | |
| Hielo de agua dulce | 0,92 kg/l3 | A 0°C |
| Hielo de agua de mar | 0,86–0,92 t/m3 | Depende de la salinidad y de la cantidad de aire atrapado |
| Calor específico | | Para calcular la cantidad de hielo que se ha de emplear con el pescado es suficientemente exacto el valor de 0.5 |
| 0°C | 0.49 | |
| 20 °C | 0.46 | |
| Calor latente de fusión | 80 Kcal/kg | |
| Conductividad térmica | Kcal/mh°C | |
| -0°C | 1.91 | |
| -10°C | 1.99 | |
| -20 °C | 2.08 | |
| Punto de fusión | 0°C | El punto de fusión del hielo de agua de mar es indeterminado, no es uniforme en todo el hielo, pero esta alrededor de 2°C. |
| Hielo en bloques | 1,4 | |
| Hielo en bloques machacado | 1.4-1.5 | |
| Hielo en escamas | 2.2-2,3 | |
| Hielo en cubos | 1.6-2.0 | |
| Hielo en placas | 1.7-1.8 | |

Fuente: <http://www.fao.org/docrer/003/T0713S/T0713S00.HTM>.

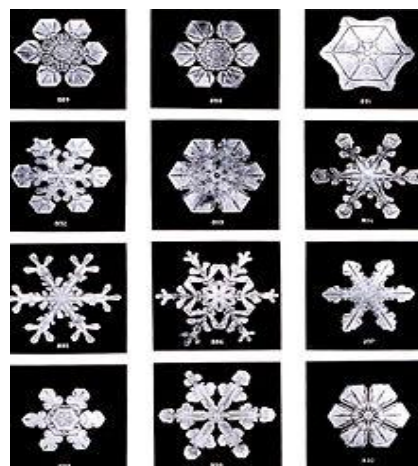
Estructura Cristalina del Hielo.

Las moléculas de agua a presión atmosférica se estructuran de manera tetraédrica en función del enlace de Hidrógeno.

Esto ocasiona que al momento de solidificarse el agua las moléculas se amontonan de manera compacta. El cristal de hielo tiene una estructura hexagonal espaciada ($a = 7,5 \text{ \AA}$, $c = 7,3 \text{ \AA}$). Esta estructura se denomina "hielo 1h" o "hielo Ih".

Además de esta estructura el hielo a presión y temperatura diferentes a la atmosférica adopta otras estructuras como se puede observar en la tabla 1.2.

En la figura 1.1 se muestran algunos de los cristales de hielo que fueron estudiados por Wilson Bentley en 1902.



Fuente. <http://www.Guiadelfrio.com>

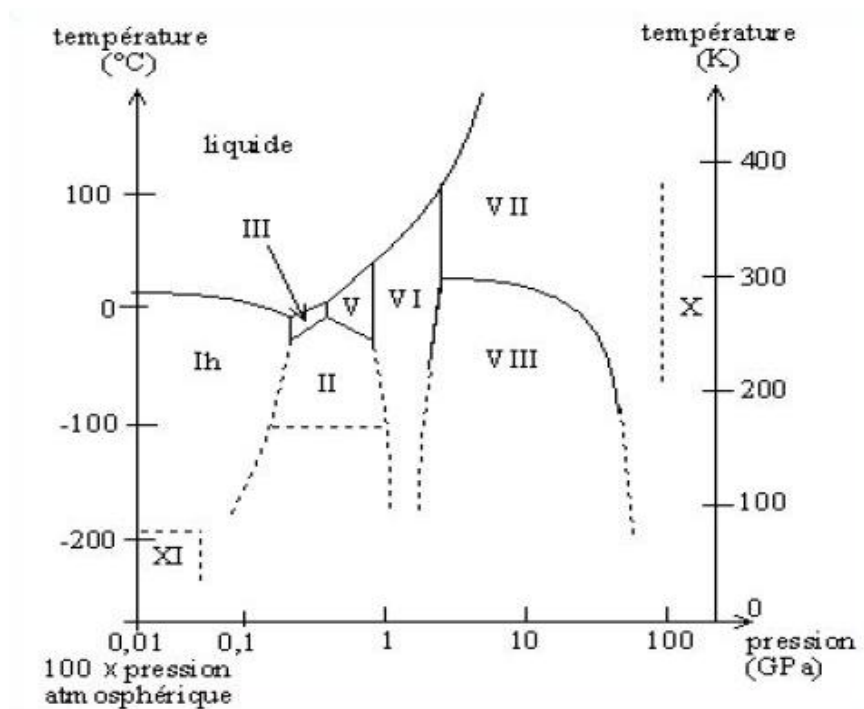
FIGURA 1.1. CRISTALES DE HIELO, ESTUDIADOS POR WILSON BENTLEY EN 1902

TABLA 2
ESTRUCTURAS DEL HIELO

| Hielo | Temperatura y Presión | Estructura | Densidad aprox. (QW) |
|--------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Hielo 1c | Baja Temperatura | cúbica de facetas centradas | 0.9 |
| Hielo II | Baja Temperatura | ortorrómbica centrado | 1.2 |
| Hielo III | Baja Temperatura | tetragonal | 1.1 |
| Hielo V | Baja Temperatura, alta presión | monoclínica de base centrada | 1.2 |
| Hielo VI | Baja Temperatura alta presión | tetragonal | 13 |
| Hielo VII | Alta temperatura alta presión | cúbico sencilla | 17 |
| Hielo VIH | Alta presión | tetragonal centrada | 1.6 |
| Hielo IX | Alta presión | <i>tetragonal</i> | 1.2 |
| Hielo XII | Baja Temperatura, alta presión | tetragonal | 1.3 |

Fuente: <http://www.es.wikipedia.org/wiki/hielo>.

En la figura 1.2 se muestra el diagrama de fase del hielo y se explican las diferentes formas cristalinas que adopta el hielo en función de la presión y la temperatura.



Fuente: <http://www.fao.org/docrer/003/T0713S/T0713S00.HTM>

FIGURA 1.2. DIAGRAMA DE FASE DEL HIELO, LA ESCALA DE LAS PRESIONES ES LOGARÍTMICA.

Fabricación de Hielo

Para la fabricación del hielo se puede utilizar tanto agua de mar como agua dulce, dependiendo del sitio en el que se encuentra la instalación para la fabricación del hielo se debe elegir la materia prima, de esta manera si cuenta con una instalación en el mar lo ideal sería fabricar hielo con agua de mar como materia prima; pero si la instalación se encuentra ubicada en tierra con cercanía al mar la decisión dependerá de

varios factores, tales como la disponibilidad de un suministro constante, la ubicación de la fábrica de hielo y uso previsto de éste (por ejemplo, a bordo de embarcaciones de pesca o en tierra) sea cual sea el tipo de agua utilizada, se debe tener presente que el hielo producido entrara en contacto directo con los alimentos.

Clasificación de las Fábricas de Hielo.

La forma más sencilla de clasificar las diferentes fábricas de hielo es describiendo el tipo de hielo que producen; hielo en bloques, hielo en escamas, en placas o en tubos y hielo fundente, etc. Otra subclasificación se basa en la producción hielo “seco” sub-enfriado y hielo “húmedo”. Por lo general, el primero se produce mediante un proceso de desprendimiento mecánico del hielo de una superficie de enfriamiento. Casi todas las fábricas de hielo en escamas son ejemplos de este tipo. Por otra parte, el hielo “húmedo” se fabrica normalmente con máquinas que emplean un procedimiento de des-carchado para desprender el hielo. El des-carchado derrite parcialmente el hielo que está en contacto con la superficie de enfriamiento y, a menos que la temperatura se haya reducido bastante por debajo de 0°C (o sea, que el hielo se sub-enfríe), las superficies permanecen húmedas; los sistemas de hielo en tubos y en placas son ejemplos de este tipo.

En algunas máquinas, el hielo se forma y extrae al mismo tiempo, produciéndose lo que se denomina a veces “hielo fundente”, porque contiene mucha más agua no congelada que otras formas de hielo “húmedo” extraídas mediante el procedimiento de descongelación.

Tipos de Hielo y su Fabricación.

Entre los principales tipos de hielo se tiene:

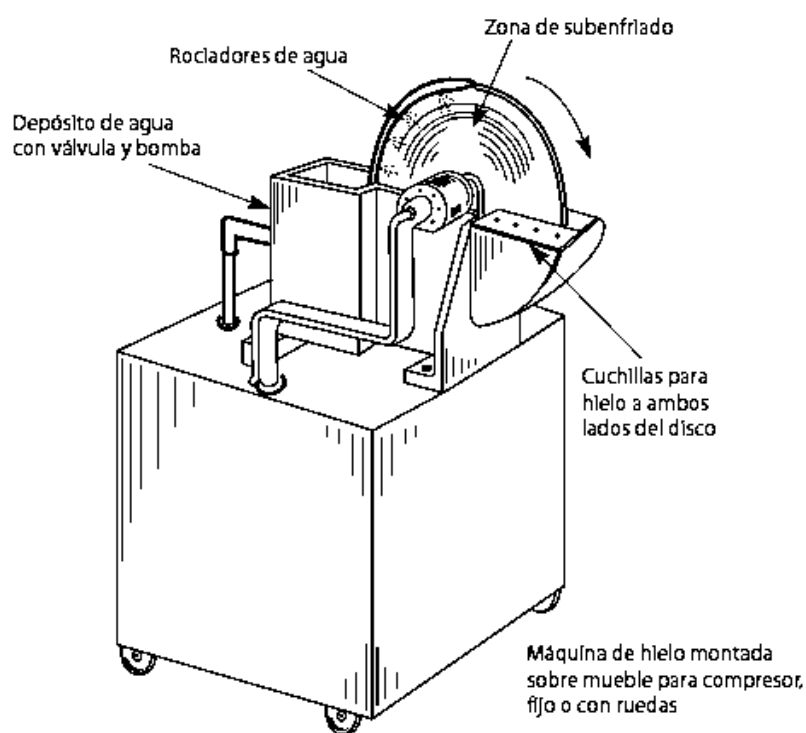
- Hielo en escamas.
- Hielo fundente.
- Hielo en Tubos.
- Hielo en Placas.
- Hielo en bloques.
- Hielo en bloques de fabricación rápida.
- Bloques de trozos pequeños de hielo compactados.

Hielo en Escamas.

Es hielo seco y sub-enfriado se obtienen en fragmentos pequeños, planos y de forma irregular. Este tipo de hielo pequeño se fabrica rociando o vertiendo agua sobre una superficie refrigerada, que habitualmente tiene forma de cilindro o tambor. El agua se congela sobre la superficie formando capas delgadas de hielo (de 2 a 3 mm. de espesor). Una cuchilla retira el hielo sub-enfriado, que se fragmenta en

pequeños trozos semejantes a esquirlas de cristal. Normalmente, estos trozos de hielo caen desde el tambor directamente a un compartimiento refrigerado para su almacenamiento. El cilindro refrigerado puede girar en un plano vertical u horizontal.

En la figura 1.3 se puede observar una máquina para producir hielo en escamas.



Fuente; <http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s04.htm>

FIGURA.1.3 MÁQUINA DE HIELO DE TIPO "COLDISC"

Las principales ventajas del hielo en escamas son las siguientes:

El hielo en escamas posee una superficie mayor de intercambio de calor que los demás tipos de hielo y, por lo tanto, la transferencia de calor entre el pescado y el hielo se producen con mayor rapidez y eficacia.

El hielo en escamas está ligeramente sub-enfriado (entre -5 y -7 °C), por lo que puede ceder 83 Kcal. por 1kg. al fundirse transformándose en agua; por consiguiente, puede extraer un poco más de calor que otros tipos de hielo cuya temperatura es de 0 °C (80 Kcal por kg).

Fácil de almacenar y manipular si se dispone de un recipiente termoaislado, sub-enfriado (-5 °C) y debidamente diseñado para su almacenamiento.

La máquina es pequeña y compacta, menor espacio que las de hielo en bloques. La fabricación de hielo comienza al poco tiempo de poner la máquina en marcha. El hielo puede usarse inmediatamente después de su fabricación. Sin embargo, el hielo en escamas tiene ciertas desventajas frente al hielo en bloques. Por ejemplo:

La máquina es menos robusta y más compleja, y se necesitan personal que tenga conocimientos de mantenimiento.

Debido a su mayor superficie, el hielo en escamas se funde más rápidamente.

El hielo en escamas requiere mayor espacio de almacenamiento.

El hielo producido ha de ser pesado antes de su venta, en lugar de ser vendido por unidades.

Hielo Fundente.

Se define como una mezcla fluida de cristales de hielo en agua. El hielo fundente se forma por congelación de los cristales a partir de una salmuera con concentración baja en un intercambiador de calor tubular; la salmuera que se utiliza tiene una concentración del 3 al 5 por ciento de NaCl por lo que se puede utilizar el agua de mar. Los cristales que se obtienen son de forma redonda o elíptica con un diámetro comprendido entre 0.2 a 1.3mm., estos cristales se forman en la superficie del tubo interior y son transportados por un tornillo giratorio desde el intercambiador de calor a un depósito almacenamiento con agua.

La mezcla de hielo y agua resultante se puede bombear desde los depósitos de almacenamiento mediante tuberías o mangueras a la zona de enfriamiento del pescado o directamente a un recipiente termoaislado. La densidad y fluidez del hielo fundente se pueden ajustar regulando la cantidad de agua añadida, de modo que se puede adaptar a

distintos usos. En la figura 1.4 se puede observar una fábrica de producción de hielo fundente.

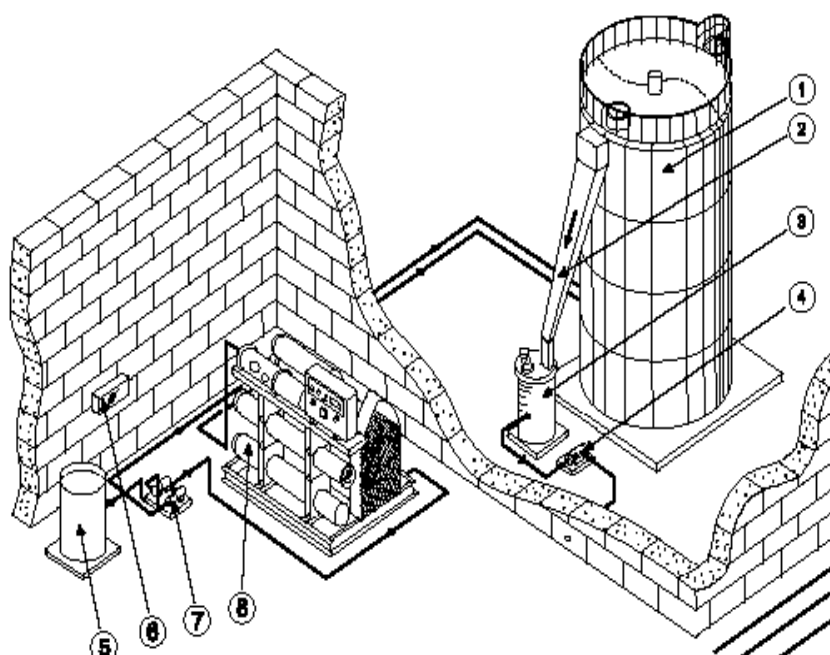
El hielo fundente tiene algunas ventajas entre estas:

Por la mayor capacidad de transferencia de calor, asegura un enfriamiento más rápido y uniforme del pescado hasta una temperatura de 0 °C o inferior.

Proporciona un mejor contacto del hielo con la superficie del pescado sin grietas ni daños por aplastamiento.

Se afirma que la contaminación del hielo se reduce significativamente gracias a que el sistema formado por la máquina de hielo y el depósito está diseñado como un conjunto herméticamente cerrado.

El hielo se puede bombear directamente a donde haga falta, por lo que se elimina la necesidad de espacio para su almacenamiento.



Fuente <http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s04.htm>

FIGURA 1.4 INSTALACIÓN DE UNA MÁQUINA DE HIELO FUNDENTE (24 TON /DIARIAS)

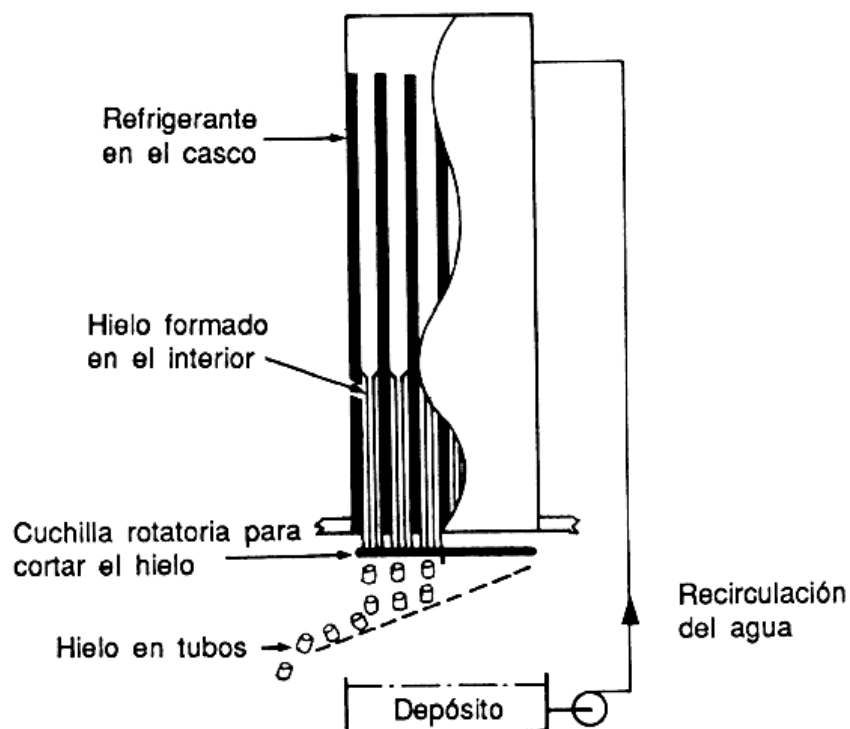
1. Depósito de hielo
2. Conducto de descarga de hielo
3. Depósito de suministro de hielo fluido (opcional).
4. Bomba de suministro de hielo fluido (opcional).
5. Sistema de control de la salmuera.
6. Panel de control opcional instalado en pared.
7. Estación de bombeo.
8. Generador de hielo.

Hielo en Tubos.

El hielo en tubos se forma en la superficie interna de unos tubos verticales y tiene la forma de pequeños cilindros huecos de un 50 × 50 mm., con paredes de 10 a 12 mm. de espesor.

La máquina de hielo en tubos es semejante a la de un condensador acorazado y tubular, con agua dentro de los tubos y el refrigerante afuera, en el espacio circundante. Para desprender el hielo de los tubos se utiliza un proceso denominado des-carchado con gas caliente.

El hielo en tubos no es recomendable para el enfriamiento del pescado debido a que las partículas son grandes, por lo que se requiere de una trituradora para obtener partículas del tamaño que convenga al cliente. Una máquina típica para hacer hielo en tubos se observa en la figura 1.5.



Fuente: <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0713S/T0713S05.htm#ch5.2>

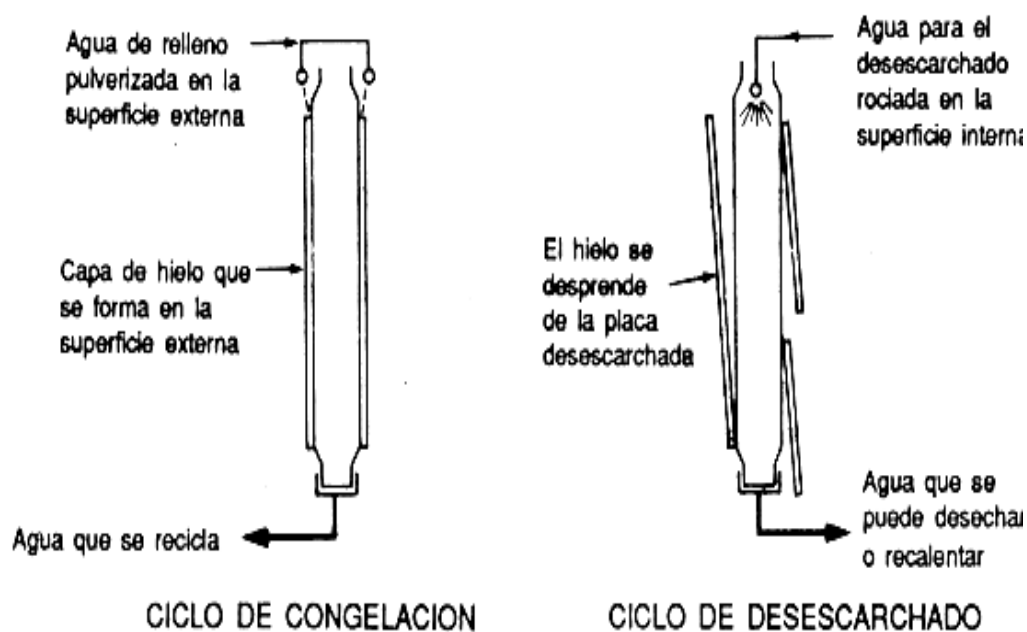
FIGURA 1.5. MÁQUINA DE HACER HIELO EN TUBOS

Hielo en Placas.

El hielo en placas se forma en una de las caras de una placa vertical refrigerada y se desprende haciendo circular agua por la otra cara para hacer des-carchado. El agua para realizar el proceso de des-carchado debe tener una temperatura de 25°C. Existen sistemas que forma hielo en ambas superficies y el des-carchado es interno.

Una máquina de hacer hielo en placas comprende múltiples láminas, que con frecuencia son unidades autónomas situadas encima de la

maquinaria de refrigeración, el espesor que se obtiene de hielo en placas está entre 10 a 12 mm. con tamaño variable de partículas.



<http://www.fao.org/DOCREP/003/T0713S/T0713S05.htm#ch5.2>

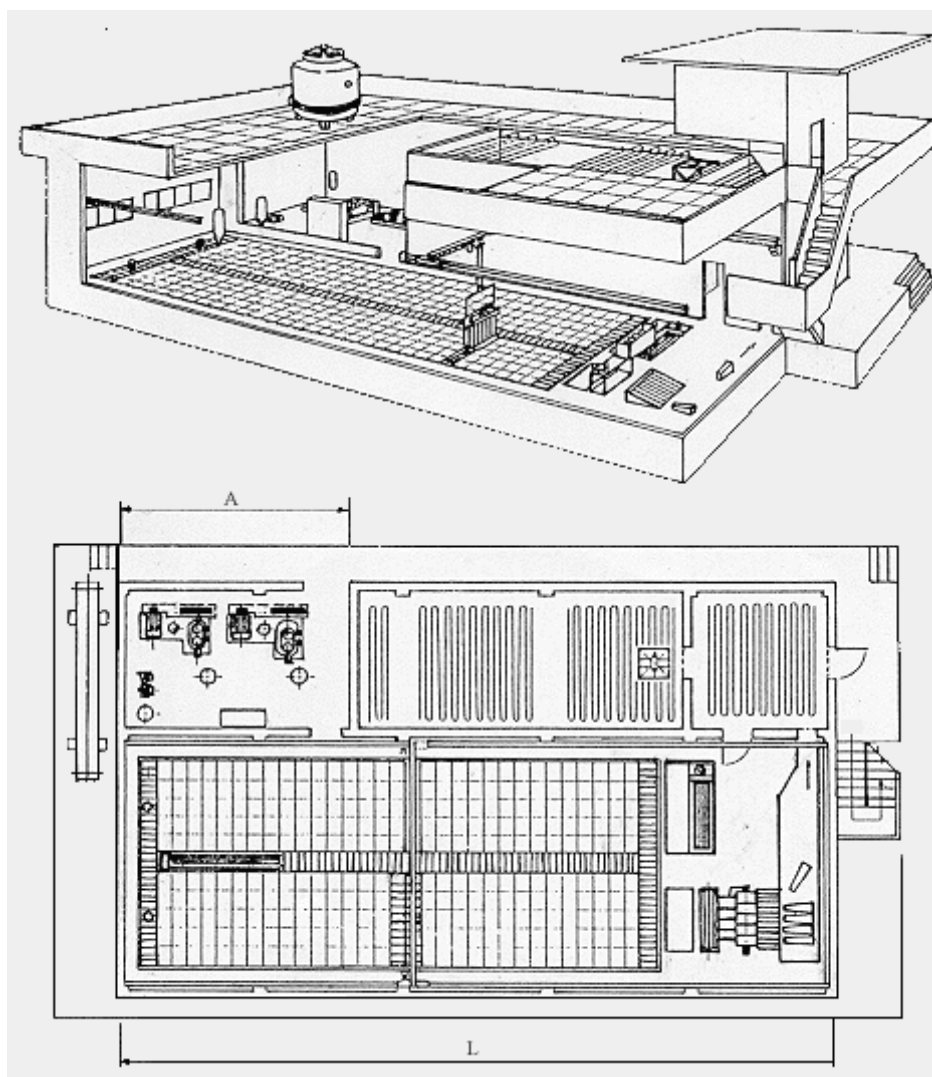
FIGURA 1.6 MÁQUINA DE HACER HIELO EN PLACAS

Hielo en Bloques.

La fabricación comercial de hielo en bloques comenzó en 1869. El hielo en bloques es la forma de hielo más vendida debido a una variedad de razones, pero en especial es que los bloques de hielo se derriten más lentamente que los otros tipos de hielos, más adelante se verá las ventajas y desventajas de esta forma de hielo.

Las industrias químicas y de construcción, por ejemplo, usan bloques de hielo en situaciones donde el uso de equipos para fabricar el hielo no es práctico. Las industrias de pesca es uno de los mayores consumidores de bloques de hielo, ya que lo usan para conservar el pescado desde el momento que es atrapado hasta que son vendidos. Los bloques de hielo también son usados en gran magnitud por los vendedores de alimentos y bebidas para conservar los alimentos y/o las bebidas frías.

La máquina de hielo en bloques tradicional como se muestra en la figura 1.1. Fábrica el hielo en moldes que se sumergen en un tanque con salmuera de cloruro sódico o cálcico en circulación. Las dimensiones de los moldes y la temperatura de la salmuera se seleccionan habitualmente de manera que el período de congelación dure entre 8 y 24 horas. La congelación demasiado rápida produce hielo quebradizo. El peso del bloque puede oscilar entre 12 y 150 kg., con arreglo a las necesidades; se considera que el bloque de 150 kg. es el mayor que un hombre puede manipular adecuadamente. Cuanto más grueso sea el bloque de hielo, tanto más largo será el tiempo de congelación.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos75/fabrica-hielomejoramiento-ahorro-energetico/fabrica-hielomejoramiento-ahorro-energetico2.shtml>

FIGURA 1.7 FÁBRICA TRADICIONAL PARA HACER HIELO EN BLOQUES

La Figura 1.8 ilustra la relación entre el espesor del hielo producido y el tiempo necesario para su congelación en condiciones típicas de fabricación de hielo en bloques. En general, cuanto más grueso sea el

bloque de hielo, mayor será el tiempo de congelación. Por ejemplo, para producir un bloque de 136 kg, se necesitará un promedio de 36 horas de tiempo de congelación, para un bloque de 25 kg. se necesitarán unas 12 horas promedio, mientras que para un bloque de 72 kg. y un espesor de 200 mm. se necesita unas 12 horas de tiempo de congelación.

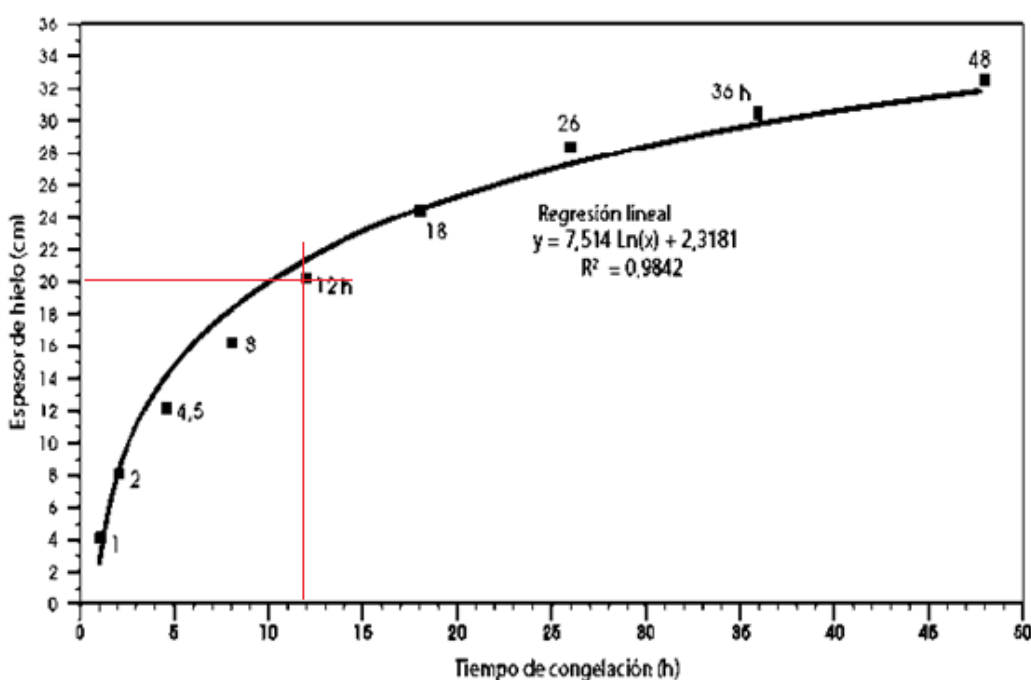


FIGURA 1.8 RELACIÓN ENTRE EL GROSOR DEL HIELO Y EL TIEMPO DE CONGELACIÓN NECESARIO EN UNA FÁBRICA DE HIELO EN BLOQUES.

Entonces se piensa que a menor espesor se formaría más rápido el bloque de hielo pero los bloques de menos de 150 mm. de espesor se rompen con facilidad, y es preferible un espesor de 150 a 170 mm. para evitar que se quiebren. El tamaño que ha de tener el tanque guarda

relación con la producción diaria. Una grúa rodante levanta una fila de moldes y los transporta a un tanque de descongelación situado en un extremo del tanque de congelación, donde los sumerge en agua para que el hielo se desprenda. Los moldes se voltean para que salgan los bloques, se llenan nuevamente de agua dulce y se vuelven a colocar en el tanque de salmuera para un nuevo ciclo ver Fig. 1.8. Este tipo de planta suele exigir una atención continua, por lo que se trabaja con un sistema de turnos.

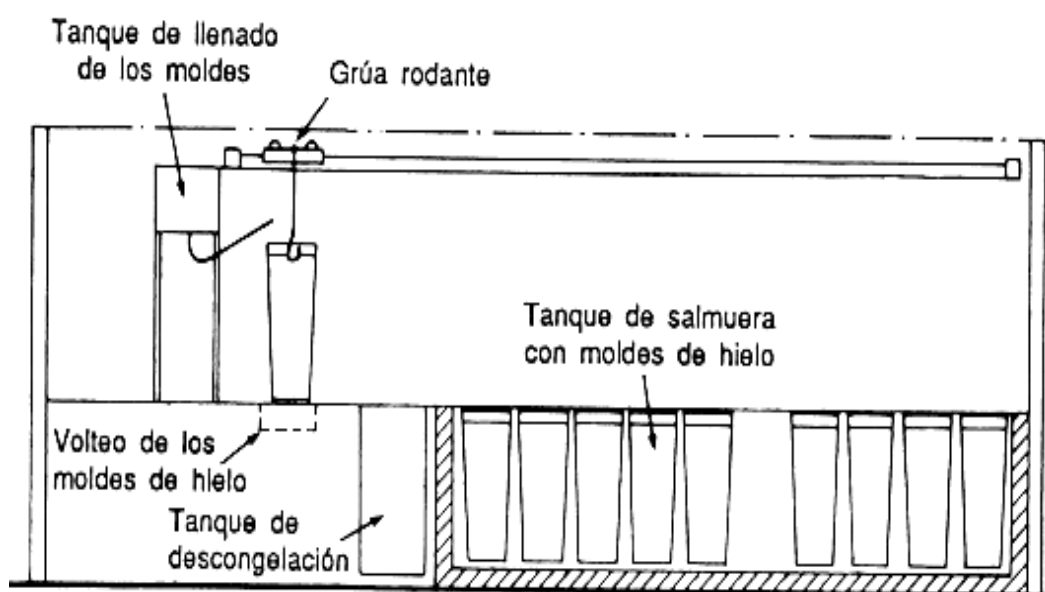


FIGURA 1.9. MÁQUINA DE HACER HIELO EN BLOQUES

Las ventajas principales del hielo en bloques frente a otros tipos de hielo son las siguientes:

El almacenamiento, la manipulación y el transporte son sencillos y fáciles;

La tasa de fusión es relativamente baja, por lo que las pérdidas durante el almacenamiento y la distribución son mínimas;

El hielo es compacto, por lo que se necesita menos espacio de almacenamiento.

El hielo se puede reducir a partículas de cualquier tamaño necesario, mediante su trituración antes de usarlo;

El hielo puede ser manipulado con facilidad y vendido por bloques.

Su forma rectangular lo hace fácil de elevar.

Son separados con facilidad, otros tipos de hielo tienden a pegarse haciéndose una masa solida.

Las principales desventajas de la producción de hielo en bloques son las siguientes:

Se necesitan períodos de tiempo largos para completar la congelación del agua en los moldes (de 8 a 36 h para bloques de 12 a 140 kg);

Conlleva altos costos de mano de obra y las operaciones requieren atención continua;

No es un proceso automático ni continuo y se tarda bastante en empezar a producir hielo desde su puesta en marcha;

Las instalaciones ocupan más espacio que las modernas máquinas de hielo automáticas;

Se necesitan salmueras con tratamientos adecuados para reducir la corrosión del equipo; se debe triturar el hielo antes de usarlo.

En términos generales el almacenamiento, manipulación y transporte se simplifican si el hielo está en forma de grandes bloques y la simplificación suele ser imperativa en las pesquerías en pequeña escala y en los sitios relativamente remotos. Con ayuda de un buen triturador de hielo, los bloques pueden reducirse a partículas del tamaño que se desee, pero la uniformidad de tamaño será menor que la que se logra con otros tipos de hielo.

Existen instalaciones para transportar el hielo en bloques, que cuenta con sistemas eléctricos y de refrigeración para mantener el hielo. Estas instalaciones son portátiles, fáciles y confiables para transportar; además, su instalación y desinstalación del remolcador se realiza en poco tiempo. Estas ventajas resultan importantes, en especial en zonas remotas en las que escasean las personas con conocimientos de refrigeración y mantenimiento.

Estas instalaciones son unidades de contenedores normalizados de 12 m y su instalación resulta sencilla solo necesitan una base nivelada y un lugar protegido de los rigores del tiempo, y se pueden construir en climas

tropicales y zonas costeras. La temperatura de almacenamiento del hielo es de aproximadamente $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Hielo en bloques de fabricación rápida.

Debido a que los periodos para obtener bloques de hielo son largos, se ha desarrollado máquinas de hielo de producción rápida. En este proceso en lugar de sumergir los moldes para el hielo en el depósito de salmuera, utiliza un refrigerante que circula por la camisa externa de cada molde a través de tuberías que recorren el interior de los moldes.

Se forma hielo simultáneamente en todas las superficies refrigeradas en contacto con el agua. Una vez finalizado el ciclo de congelación, los bloques se liberan rápidamente del molde mediante un sistema de descongelación con gas caliente y se extraen por gravedad.

Las ventajas de las máquinas de producción rápida de hielo en bloques son:

Las máquinas ocupan espacios pequeños.

Relativa sencillez de las operaciones de puesta en marcha y parada.

Las desventajas de las máquinas de producción rápida son:

Los altos costo de adquisición de la máquina y mantenimiento.

Bloques de trozos pequeños de hielo compactados.

Es tipo de hielo se utiliza cuando la distancia de transporte es larga, para esto se utiliza máquinas que compactan fragmentos pequeños o escamas de hielo. Estas máquinas compactan el hielo en trozos pequeños, formando bloques de tamaños normalizados y se pueden instalar con facilidad en pequeñas fábricas de hielo situadas en tierra.

Las ventajas que se obtienen al utilizar este tipo de hielos son:

Fácil manipulación por parte de los pescadores.

Se puede llevar a bordo de embarcaciones pequeñas.

Fácil de romper en fragmentos pequeños cuando se necesita.

ALMACENAMIENTO DE HIELO.

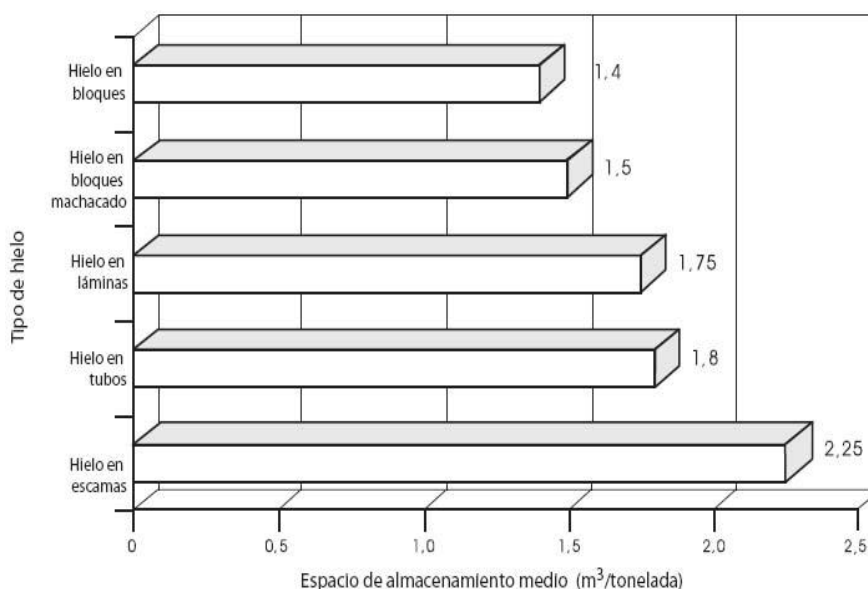
El almacenamiento permite que la máquina funcione las 24 horas del día, y sirve además como reserva ante cualquier interrupción de la producción por averías menores o por la labor normal de mantenimiento.

No existe una regla general para estimar la capacidad de almacenamiento necesaria. La práctica usual es trazar en un gráfico el patrón probable de producción y utilización de hielo durante un determinado período de tiempo y seleccionar una capacidad de almacenamiento que asegure la disponibilidad de hielo en todo momento.

En la mayoría de los casos, la capacidad de almacenamiento equivale al menos al doble de la tasa de producción diaria, y con mucha frecuencia asciende a 4 ó 5 veces este valor.

Habitualmente, es imposible producir hielo exclusivamente cuando se necesita, por lo que es necesario contar en la fábrica de hielo con algún tipo de instalación de almacenamiento, muchas fábricas comerciales de hielo, cuentan con un espacio de almacenamiento termo aislados que forma parte del conjunto de las instalaciones de la fábrica.

La Figura 1.10 muestra las necesidades de espacio de almacenamiento para los diferentes tipos de hielo disponibles en el mercado, que varían en función de su densidad aparente.



<http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s05.htm>

FIGURA 1.10 ESPACIO DE ALMACENAMIENTO

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.

Plantas estándares están disponibles en una variedad de tamaños con rangos de capacidades de producción de 10 a 100 toneladas diarias. Las especificaciones listadas en este estudio están basadas en una planta con una capacidad de producción de 20 toneladas por 24 horas de trabajo y con una capacidad de almacenamiento de 80 toneladas.

El hielo puede ser producido a los tamaños y pesos listados a continuación.

| | | |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| (240 x 150 x 1,080)mm; 25 Kg. | (380 x 190 x 1,080)mm; 50 Kg. | (560 x 280 x 1,200)mm; 135 Kg. |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|

MATERIAS PRIMAS. La única materia prima utilizada en esta planta de producción de hielo es agua limpia.

TABLA 3.
SE MUESTRAN LOS RUBROS QUE IMPLICA TENER UNA FÁBRICA
DE HIELO EN BLOQUES.

| MANO DE OBRA REQUERIDA. | |
|--|----------------------|
| CLASIFICACIÓN DEL TRABAJO | PERSONAS/TURNO. |
| Operadores | 8 x 3 |
| Personal de mantenimiento. | 1 |
| Gerencia. | 1 |
| TOTAL. | 26 |
| MAQUINARIA Y EQUIPO. | |
| ITEMS. | Nº DE MÁQUINAS. |
| 1. Unidad de compresión. | 2 |
| 2. Equipos de alta presión. | |
| Condensador. | 2 |
| Bomba de enfriamiento del condensador. | 2 |
| Aparato receptor (recipiente) | 1 |
| Separador de aceite. | 1 |
| Contenedor de aceite. | 1 |
| Torre de enfriamiento. | 2 |
| 3. Equipo de producción de hielo. | |
| Tanque de salmuera. | 1 |
| Evaporador de salmuera. | 1 |
| Agitador de salmuera. | 1 |
| Sets para la producción de hielo. | 1024 |
| Cubiertas de madera. | 1024 |
| Parrillas o rejillas de las latas. | 1 lote. |
| Descargador de latas. | 1 |
| Tanque de descongelado. | 1 |
| Tanque llenador. | 1 |
| Bomba de llenado. | 1 |
| Tanque de congelado previo. | 1 |
| Acumulador. | 1 |
| Separador líquido. | 2 |
| Grúa elevadora. | 1 |
| Trituradora de hielo. | 1/por punto de venta |

| | |
|---------------------------------------|---------|
| 4. Equipo de limpieza del hielo. | |
| Soplador de aire. | 1 |
| Bomba de aspirado o succión. | 1 |
| Receptor de aire. | 1 |
| Tubos de goteado. | 320 |
| 5. Equipo de almacenamiento de hielo. | |
| Unidad de enfriamiento. | 1 |
| Apilador de hielo. | 1 |
| Puerta aisladora. | 1 |
| Control de temperatura. | 1 |
| 6. Equipos diversos. | |
| Material de aislamiento. | 1 lote. |
| Refrigerantes. | 1 lote. |
| Cloruro de calcio. | 1 lote. |
| Aceite de refrigeración. | 1 lote. |
| Tuberías, accesorios. | 1 lote. |
| Válvulas de control. | 1 lote. |
| Interruptor eléctrico. | 1 lote. |
| Panel de control. | 1 |

Gastos Generales de la Planta.

1. Energía eléctrica
2. Suministro de agua

Localización de la planta.

El factor más importante a ser considerado cuando se realiza la ubicación de la planta de producción de hielo es su cercanía a un área capaz de suministrar una demanda razonable de bloques de hielo.

Utilización del Hielo en la Pesca.

Un proceso adecuado de conservación de las especies capturadas posibilita un aumento efectivo de la duración de las mismas. Por consiguiente, al utilizar técnicas de enfriamiento, como el uso de hielo, beneficia económicamente a la embarcación y a su tripulación.

Los productos que lleguen al mercado en buenas condiciones de conservación alcanzan generalmente precios más altos, tanto en el comercio mayorista como minorista, y de esta manera un mayor rendimiento económico de la actividad pesquera.

En el caso de pequeños pescadores para conservar su captura en buen estado tienen instalado en sus embarcaciones cajones termo-aislados donde transportan el hielo. Los grandes barcos de pesca generalmente cuentan con una planta a bordo de producción y almacenamiento de hielo.

Enfriamiento o Congelación del Pescado

Uno de los métodos estrechamente relacionados con el enfriamiento es la congelación. Hay numerosos factores que deben tenerse en cuenta al analizar las diferencias entre el enfriamiento y la congelación de productos pesqueros para diversos mercados. Tanto el enfriamiento como

la congelación pueden generar productos estables y la elección de uno u otro método dependen de muchos factores.

Los efectos conservantes del enfriamiento del pescado

La disminución de la temperatura como medio de conservar el pescado y los productos pesqueros tiene una gran importancia para los mercados locales como para mercados de exportación.

Para un mejor entendimiento acerca de la conservación del pescado se define la palabra enfriamiento.

Enfriamiento es el proceso de refrigeración de pescado o productos pesqueros hasta una temperatura próxima a la de fusión del hielo.

El enfriamiento tiene como finalidad prolongar el tiempo de conservación del pescado, reduciendo la actividad de enzimas y bacterias, procesos químicos y físicos que pueden afectar a la calidad.

El pescado fresco es un alimento extremadamente perecedero y se deteriora con gran rapidez a las temperaturas normales. La reducción de la temperatura de almacenamiento del pescado disminuye su tasa de deterioro. Durante el enfriamiento, la temperatura se reduce hasta la de fusión del hielo: cero grados centígrados 0 °C (32 °F).

La tabla 4 indica algunas de las ventajas e inconvenientes de los dos métodos; puede usarse como guía para decidir si el enfriamiento o la congelación es la opción más idónea en una situación determinada.

**TABLA 4.
VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL ENFRIAMIENTO Y LA
CONGELACIÓN.**

| ENFRIAMIENTO | CONGELACIÓN |
|---|---|
| Almacenamiento a corto plazo (hasta un máximo de un mes para algunas especies y unos pocos días para otras) | Almacenamiento a largo plazo (un año o más para algunas especies) |
| Temperatura de almacenamiento: 0 °C | Temperatura de almacenamiento muy inferior a cero, por ejemplo: -30 °C |
| Relativamente barato | Relativamente cara |
| El producto es similar al pescado fresco | Si se realiza de forma incorrecta, puede afectar negativamente a la calidad |
| Tecnología relativamente sencilla | Tecnología relativamente compleja |
| No se necesitan conocimientos avanzados | Se necesitan conocimientos avanzados |
| Refrigeración portátil | Operaciones generalmente fijas |

Lo común que se utiliza para el enfriamiento del pescado es el hielo, además del hielo se puede usar el agua enfriada, las mezclas fluidas de hielo y agua (de mar o dulce) y el agua de mar refrigerada.

Para aprovechar al máximo las ventajas del enfriamiento, es fundamental mantener temperaturas bajas durante todas las diversas operaciones de manipulación del pescado.

Cuando se utiliza hielo para enfriar el pescado el período de conservación en relación con la congelación, el enlatado, la salazón o el secado es corto.

El uso de hielo para conservar el pescado y los productos pesqueros a bordo de embarcaciones de pesca es un método de manipulación de eficacia comprobada, por los motivos siguientes:

Puede obtenerse hielo en muchas zonas pesqueras o puertos.

Existen diferentes productos adaptados a las diferentes necesidades (por ejemplo, con frecuencia se fabrican bloques de hielo de diferentes tamaños y se vende hielo al peso, listo para usar, triturado, fragmentado o en trozos pequeños).

La capacidad de enfriamiento del hielo es muy alta.

El hielo es inocuo y, por lo general, relativamente barato.

El hielo puede mantener una temperatura muy constante.

El hielo puede mantener el pescado húmedo y, al fundirse, puede limpiar el pescado, arrastrando las bacterias presentes en su superficie.

El hielo puede transportarse de un lugar a otro y su efecto refrigerante puede utilizarse allá donde se necesite.

El hielo puede elaborarse en tierra y utilizarse en el mar.

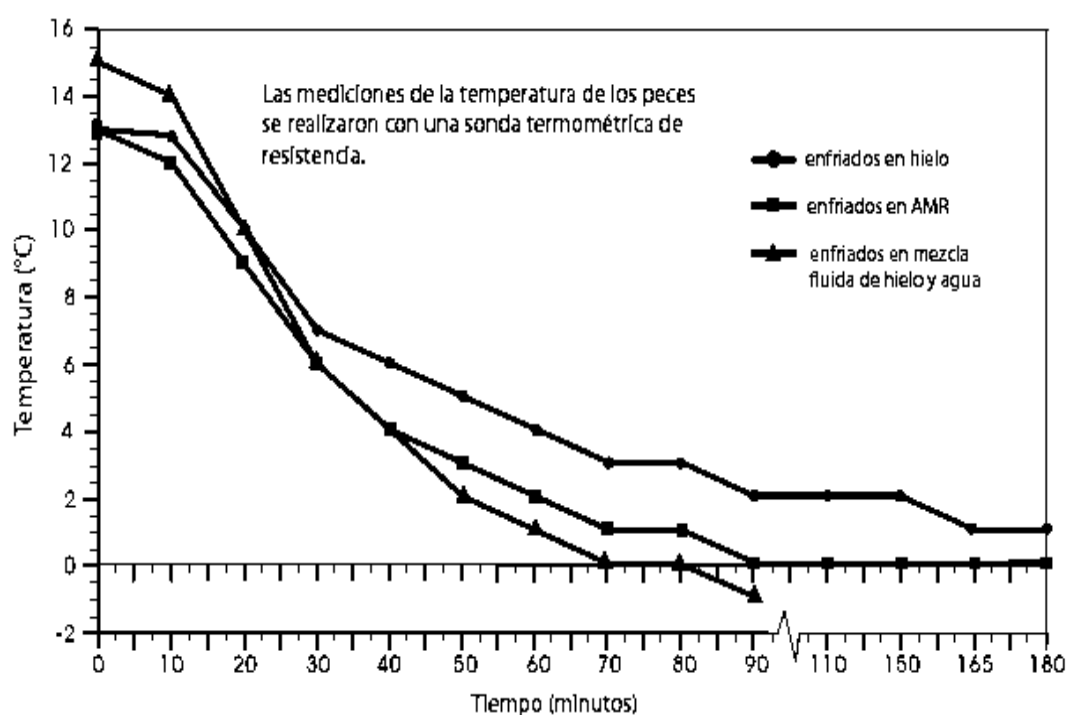
Debido a que el almacenamiento de pescado a bordo de embarcaciones requiere de mucha mano de obra se han introducido otros métodos para reducir el tiempo y el trabajo necesarios, los más utilizados de los cuales son el AMR (agua de mar refrigerada) y el AME (agua de mar enfriada).

El AMR es un método de enfriamiento aceptable que reduce las necesidades de mano de obra, pero requiere sistemas mecánicos de refrigeración, bombeo y filtración a bordo, además de ser relativamente costoso.

El AME se aplica al momento de salir a pescar, se carga en el barco una cantidad de hielo suficiente; primero se mezcla el hielo con agua de mar para producir una mezcla fluida de hielo y agua que después se añade al pescado.

La Figura 1.1 muestra una comparación típica de los perfiles de temperatura de un pescado entero de tamaño mediano enfriado en hielo triturado, AMR y AME una mezcla fluida de hielo y agua.

Según estos datos, el medio de enfriamiento más rápido y eficaz es la mezcla fluida de hielo y agua, seguida del AMR. La tasa de enfriamiento del hielo es la menor de las tres, debido a un menor contacto del hielo con el pescado (se crea una capa de aire alrededor del pescado durante la fusión del hielo).



Fuente: <http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s03.htm>

FIGURA 1.11. COMPARACIÓN DE LOS PERFILES DE TEMPERATURA DE PESCADO REDONDO (1,6 KG/PIEZA) ENFRIADO EN HIELO TRITURADO, AMR Y MEZCLA FLUIDA DE HIELO Y AGUA

La tasa de enfriamiento depende de los siguientes factores:

Tamaño, forma y grosor del pescado

Método de estiba.

Combinación adecuada de hielo, agua y pescado (en las mezclas fluidas de hielo y agua).

Contacto adecuado del hielo con el pescado.

Tamaño de las partículas de hielo.

1.1 Descripción del Proceso de Producción del Hielo Industrial.

Sets. Son moldes que tienen dimensiones (0.2*0.40*1.20) m con un volumen de 0.92 m³, están construidas de acero galvanizado 1.4 mm de espesor. Los sets son moldes que están unidos de 6 y 8 y esto ayuda a la manipulación del puente grúa de 2 TON, y su función es congelar el agua en su interior.

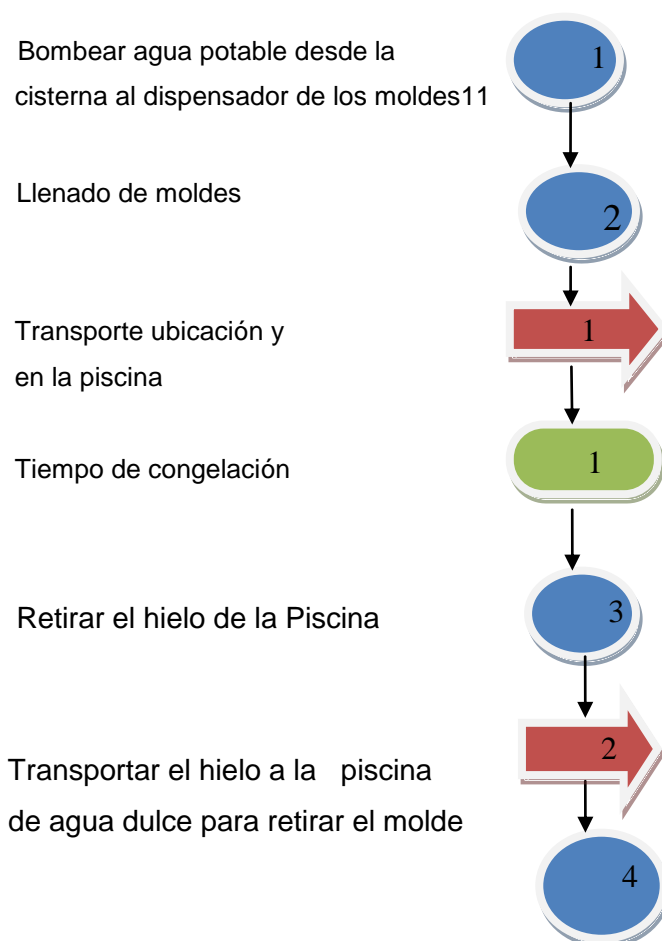
Piscina de salmuera. Está compuesta de; intercambiador de calor (amoníaco), agitador, agua sal (salmuera), soporte para asiento de los sets (molde para la congelación del agua), y su función es remover el calor de agua potable colocadas en los sets hasta su congelación (20 H con la piscina a -16°C).

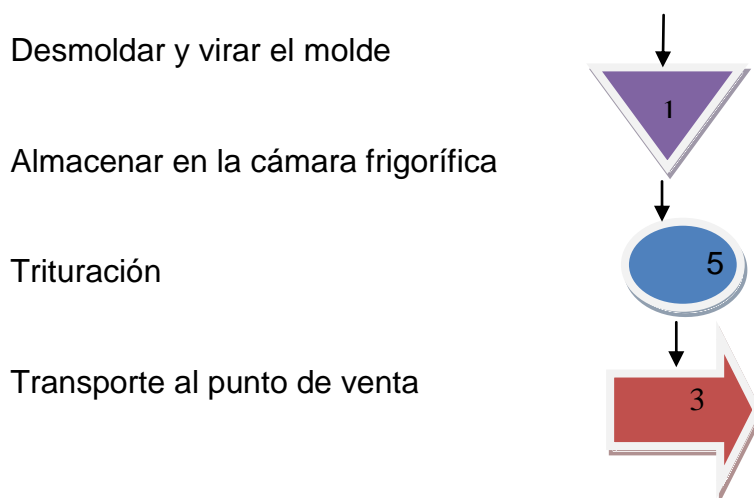
Puente grúa. Tiene una capacidad de 2 TON, se desplaza a lo largo y ancho de la piscina, su función es transportar primero al llenador, luego colocarlos en la piscina de salmuera sobre los

soportes del set (para que no se hunda), después cuando están congelados (cerrados) se los engancha son transportados a una piscina de agua potable.

Piscina de agua potable. (2*3*2) m y volteador.- la piscina sirve para que el sets reciba calor y se pueda desmoldar con facilidad con la ayuda del volteador.

DIAGRAMA DE PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE MAQUETAS DE HIELO





1.2 Descripción del Proceso de Trituración del Hielo Industrial.

1. Una vez obtenidas las marquetas de hielo éstas son almacenadas en una Pre-cámara que tiene una capacidad de 500 marquetas.
2. Las marquetas son estibadas por el camarero (Persona encargada de la Pre-cámara) que las traslada desde la pre-cámara hacía la escotilla que da a la bandeja del triturador.
3. Se enciende la máquina trituradora y se espera 10 segundos para que el tambor triturador adquiriera velocidad y por tanto inercia.
- 4.- Se introduce la marqueta en el equipo donde es triturado en un tiempo promedio de 7segundo +/-1 segundo.

5.- El hielo troceado obtenido cae en gavetas las mismas que son vendidas.

1.3 Definición del Problema.

La necesidad surge del sector pesquero pues necesitan el hielo triturado para conservar fresco su producto tanto para el almacenamiento y/o transporte de los mariscos, por lo tanto se requiere diseñar una máquina que permita obtener hielo triturado, que cubran la demanda así como también aspectos de calidad de triturado, productividad y disponibilidad de equipos.

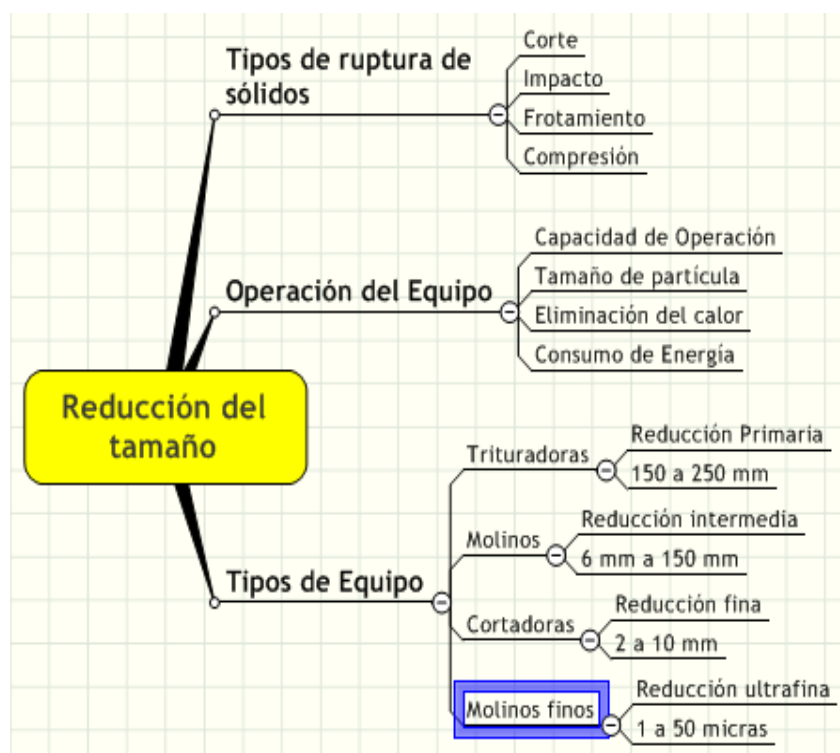
El diseño y selección de elementos para el equipo debe ser capaz de suministrar la fuerza necesaria para superar la resistencia del hielo a ser cortado, y es aquí donde se está generando el problema, pues los equipos actuales; No tienen un buen triturado, no están en buen estado, no son eficientes y contaminan los trocos de hielo con óxido metálico.

REDUCCIÓN DE TAMAÑO

La reducción de tamaño se relaciona directamente con los procesos mecánicos en los cuales las partículas de sólidos se rompen en

partículas de tamaño menor. En el proceso de reducción de tamaño el sólido se encuentra sometido bajo la acción de varias cargas, que son absorbidas en forma de energía de deformación.

La operación de disminución o reducción de tamaños consiste en la producción de unidades de menor masa a partir de trozos mayores; para ello hay que provocar la fractura o quebrantamiento de los mismos mediante la aplicación de presiones. En el cuadro 2.1 se pueden apreciar los tipos de ruptura de sólidos, y los equipos que se utilizan.



Fuente: <http://html.rincondelvago.com/reduccion-del-tamano-de-solidos.html>

FIGURA 1.12 REDUCCIÓN DE TAMAÑO, RUPTURA, Y EQUIPOS.

Razones para la reducción de tamaño:

Facilitar la extracción de un constituyente deseado.

Puede ser una necesidad específica del producto.

Aumentar la superficie del sólido.

Favorecer la mezcla de ingredientes.

Fuerzas utilizadas en la reducción de tamaño.

En los procesos mecánicos de reducción de tamaño se distinguen generalmente fuerzas de compresión, impacto o corte, cuyas magnitudes y tiempo de aplicación afectan directamente a la cantidad

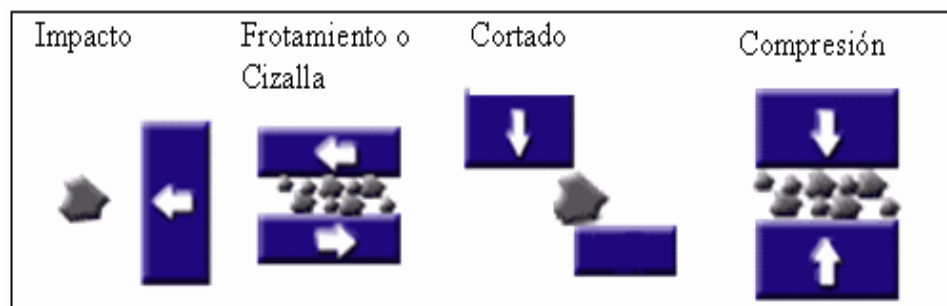
Las técnicas de reducción de tamaño son:

Compresión: Es utilizada para la reducción gruesa de sólidos duros, genera productos gruesos, medios o finos.

Corte: Se utiliza cuando se requiere un tamaño definido de partículas. Las fueras de corte se utilizan extensamente para molienda fina en aparatos de trituración de sustancias blandas no abrasivas.

Frotación o rozamiento: Genera productos finos a partir de materiales blandos no abrasivos.

Impacto: Esta técnica consiste en el choque de las partículas para la disminución de su tamaño.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos55/analisis-volumetrico/analisis-volumetrico.shtml>

FIGURA 1.13 FUERZAS UTILIZADAS EN LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO

Dureza y la estructura del material: las máquinas para trituración grosera de materiales blandos no necesitan una máquina tan robusta o compleja como las utilizadas a la trituración de materiales duros.

1.3.1 Tipos de Trituradores.

Un triturador de hielo es una máquina que permite reducir grandes trozos de hielo en partes más pequeñas dependiendo de las necesidades del consumidor.

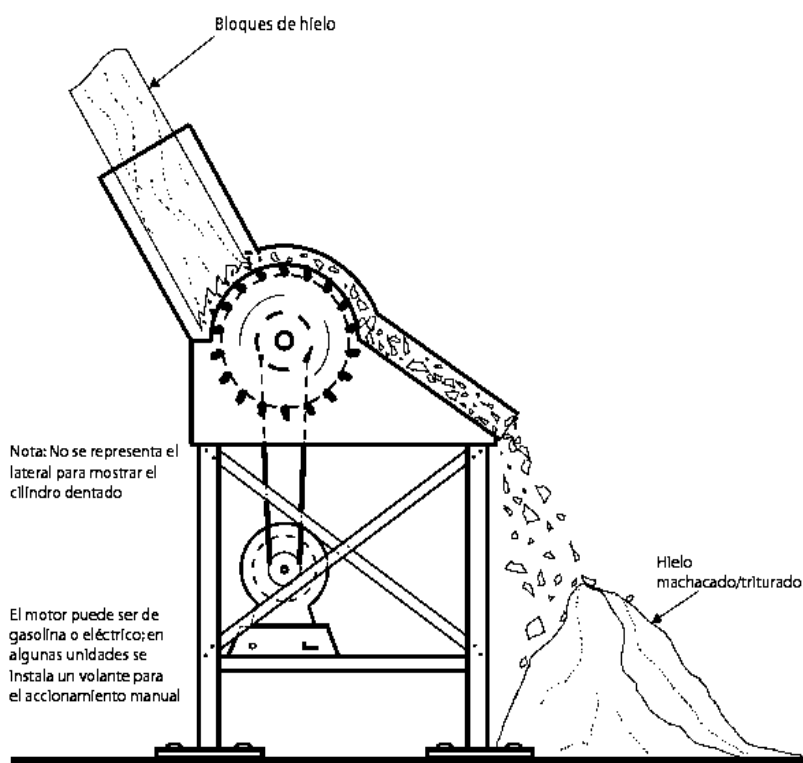
Los diferentes procesos de reducción de tamaño persiguen esta finalidad por medios mecánicos.

FUNCIONAMIENTO DE LA PICADORA DE HIELO.

El principio básico de funcionamiento de una picadora se basa en la acción de cizalla producida por las cuchillas acopladas al tambor, que giran a gran velocidad dentro del cuerpo del triturador.

El tamaño de hielo picado dependerá de la velocidad del tambor y distribución de las cuchillas.

En la figura 2.1 se observa una picadora de hielo sencilla.

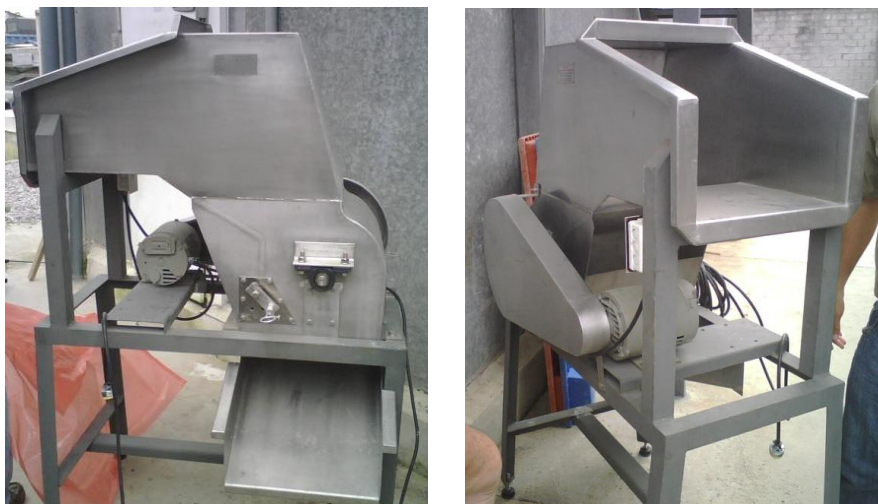


<http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s05.htm>

FIGURA 1.14 ESQUEMA DE LA TRITURADORA DE HIELO.

Clasificación de equipos trituradores.

Existen muchas variedades de trituradores, pero básicamente consisten un tambor triturador, un motor eléctrico con transmite potencia por poleas. En la mayoría de las máquinas, el bloque de hielo cae por gravedad del nivel de plataforma al triturador. A continuación se muestran los diferentes tipos de equipos trituradores de hielo en bloques.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 1.15 EQUIPO TRITURADOR CAP: 10.3 TON/H (1 MARQ /25 SEG), MOTOR 3 HP.



<http://www.icemachineschina.es/8-ice-crusher-machine.html>

FIGURA 1.16 EQUIPO TRITURADOR CAP: 20 TON/H (1 MARQ. /15SEG), MOTOR 5 HP.



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/1t-h-ice-crushing-machine>.

FIGURA 1.17 EQUIPO TRITURADOR CAP: 20 TON/H (1 MARQ. /15 SEG.) MOTOR 5 HP.

También existen equipos que trituran e impulsa el hielo troceado, para hacerlo circular por una manguera. A continuación ejemplos.



Fuente: Emerson Guerrero

**FIGURA 1.18 EQUIPOS TRITURADORES Y SOPLADORES
CAP>20 TON/H.**

1.3.2 Matriz de Decisión.

Para poder elaborar esta matriz de decisión de debe analizar los factores que influyen en la selección de alternativas y criterio de ponderación.

Los factores principales que influyen en la selección de la alternativa más conveniente son:

Aspecto económico.

Facilidad de montaje y desmontaje.

Facilidad de construcción.

Facilidad de operación.

Producto terminado.

Mantenimiento.

Aspecto económico

El aspecto económico es importante en el diseño, ya que de nada sirve crear proyectos que no se puedan ejecutar. Para la determinación del costo del prototipo son factores predominantes el número de piezas a construir y la manera de fabricarlas. Se pondera este factor con un valor de 7.

Facilidad de montaje y desmontaje

La facilidad de montaje y desmontaje, es proporcional al número de piezas y a la complejidad de las mismas; para la ponderación de este factor se designa un valor de 8 a la mejor alternativa.

Facilidad de construcción

La facilidad de construcción se refiere a las posibilidades de construir las partes de la máquina. Este parámetro está directamente relacionado con la disponibilidad de los materiales en el mercado y el tipo de máquinas herramientas que existen en el taller mecánico donde se construye. Se pondera este factor con un valor de 9.

Facilidad de operación

Es una característica importante en la cual se debe tomar en cuenta a las personas que van a trabajar con la máquina es decir a los usuarios de la misma, en este caso se habla de operarios que no tendrán un alto conocimiento sobre mecanismos o sistemas mecánicos. Se pondera este factor con un valor de 8.

Producto terminado

Este parámetro es de gran importancia ya que la mayoría de representantes del sector artesanal pesquero requieren un tamaño de grano de hielo semejante a un cubo de 10 mm. de arista. Se pondera este factor con un valor de 10.

Mantenimiento

Cualquier persona antes de adquirir un determinado equipo, artefacto, etc., se interesa en conocer cuál será el tipo de mantenimiento que se debe darle, cada qué tiempo tendrá que hacerlo y cuánto se significa económicamente. Estos justificados razonamientos hacen que el mantenimiento de un equipo sea un parámetro de diseño a tomarse en cuenta. Se pondera este factor con un valor de 7.

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

En el diseño se deben tomar en cuenta varias alternativas de solución para tener una mayor visión y comprensión de lo que se tiene que desarrollar, en este caso se analiza tres alternativas de solución expuestas a continuación.

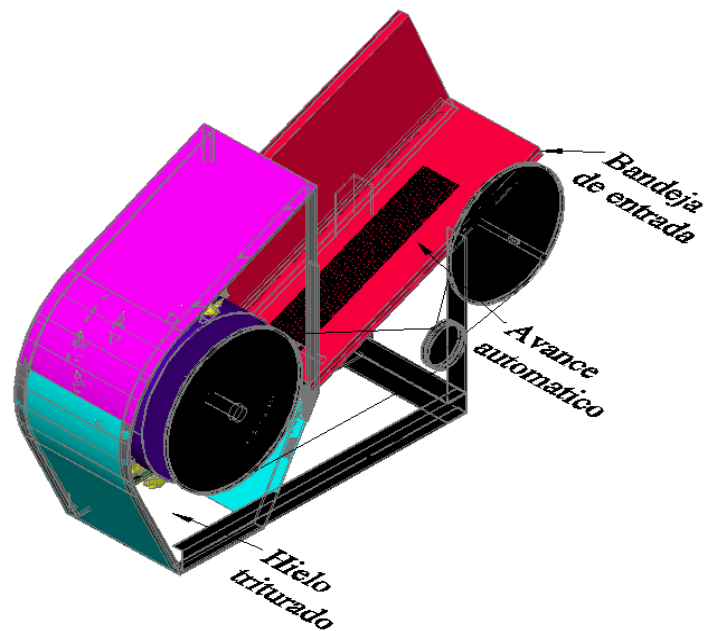


FIGURA 1.19 ESQUEMA DE EQUIPO TRITURADOR CON ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICO.

LA ALTERNATIVA A:

Propone un sistema que regularice el avance la marqueta hacia el tambor triturador. Este movimiento se consigue a través de un sistema poleas conectada al motor principal.

Esta transmisión se lleva a cabo por dos poleas que se colocan: una (conductora) en el eje motriz del motor y la otra (conducida)

VENTAJAS

Permite un avance de trituración uniforme y continuo.

Permite obtener diferentes tamaños de hielo troceado al variar la velocidad de avance.

Permite estimar mejor la producción de hielo triturado.

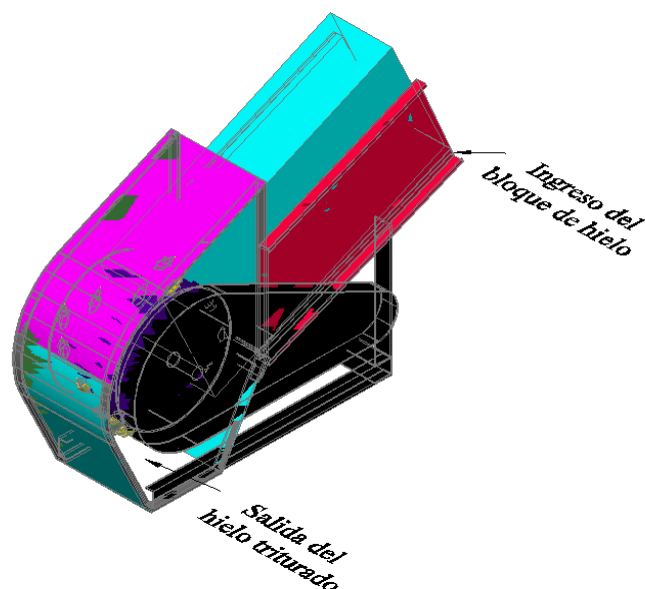
DESVENTAJAS

Requiere de mantenimientos más frecuentes.

Pérdidas en la transmisión de potencia, pues la polea conductora del sistema se avance está conectada al motor.

La fabricación de esta alternativa involucra mayor costo porque se necesita un mayor número de partes y materiales.

No se puede triturar media marqueta pues el sistema no tiene reversa.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 1.20 ESQUEMA DEL TRITURADOR DE HIELO CON ALIMENTACIÓN POR GRAVEDAD.

ALTERNATIVA B:

Máquina trituradora de hielo con alimentación por gravedad por medio de la bandeja de entrada inclinada, cuenta un motor eléctrico y un sistema de transmisión por bandas y poleas.

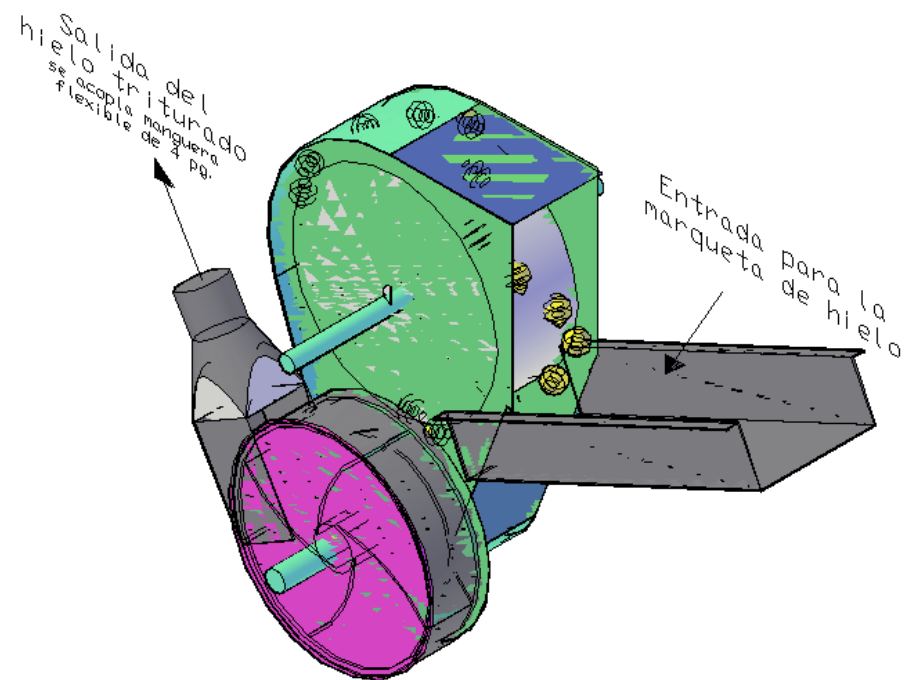
La alimentación del hielo es a través de un bandeja inclinada que permite el Deslizamiento del hielo hacia el tambor triturador.

VENTAJAS

- Esta alternativa es de fácil operación y requiere de una sola persona para obtener el hielo troceado.
- Permite triturar medias marquetas, pues el operador controla el avance.
- No presenta pérdida de potencia, pues solo se la utiliza para el proceso de trituración.
- Involucra menor costo para su fabricación porque no involucra un gran número de partes.
- No requiere de mantenimiento permanente de sus partes.

DESVENTAJAS

- Según las condiciones del hielo en ocasiones se tiene que aplicar fuerza para que avance la marqueta.
- No puede estimar tiempos de trituración con seguridad.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 1.21 ESQUEMA DE MÁQUINA TRITURADORA DE HIELO CON ALIMENTACIÓN POR GRAVEDAD Y CON PROPULSOR

ALTERNATIVA C:

Propone que la marqueta se deslice por gravedad, que trocee al bloque de hielo, e impulse los trozos de hielo que son direccionados al impeler por un tornillo transportador. La potencia se suministra un solo motor.

VENTAJAS

- Permite transportar el hielo a distancias de (2 a 8) m. y alturas de 4 a 7 m
- Permite trabajos rápidos y continuos
- Ahorros de estibadores

DESVENTAJAS

- Requiere de mantenimiento especializado.
- Mayores consumos de potencia.
- Pérdidas en la transmisión de potencia, pues el mismo motor transmite el movimiento de avance y movimiento de trituración.
- La fabricación es compleja e involucra mayor costo porque se necesita un mayor número de partes y materiales.
- No es rentable para triturar pocas marquetas.

SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para la selección de la alternativa a construir, se procede a calificar cada una de las alternativas planteadas, en base en los factores que influyen en la selección. En la tabla 5 se presenta la valoración de las alternativas.

TABLA 5.
VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

| PARÁMETROS DE COMPARACIÓN | ALTERNATIVA MODELO | ALTERNATIVA A | ALTERNATIVA B | ALTERNATIVA C |
|-----------------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|
| Facilidad de montaje y desmontaje | 8 | 6 | 7 | 5 |
| Facilidad de construcción | 9 | 7 | 8 | 6 |
| Facilidad de operación | 8 | 6 | 8 | 5 |
| Producto terminado | 10 | 9 | 9 | 10 |
| Mantenimiento | 7 | 5 | 6 | 4 |
| Costo | 7 | 5 | 7 | 4 |
| Suma | 49 | 38 | 45 | 34 |
| Valores técnicos $x = z/z_i$ | 1 | 0,775 | 0,918 | 0,69 |

Fuente: Emerson Guerrero

Donde:

Z = Puntaje de las alternativas.

Z_i = Puntaje de la alternativa modelo.

De lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta los resultados de la tabla 5 se concluye que la mejor alternativa es la B, es decir el prototipo con alimentación por gravedad a través de la bandeja de entrada inclinada, cuenta un motor eléctrico y un sistema de transmisión por bandas y poleas.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DEL EQUIPO TRITURADOR DE HIELO.

2.1. Determinación de Parámetros para el Diseño del Equipo Triturador.

En esta parte se explicará algunos de los aspectos que deben tenerse en cuenta para la construcción del equipo triturador.

Es necesario evaluar las necesidades y condiciones de trabajo reales del equipo, ya que dimensionar el equipo con capacidad inferior a la necesaria pueden precisar un mayor mantenimiento y reparaciones pues el sistema estará en funcionamiento a sobre carga de una manera continua, pero si se sobredimensiona el equipo ocasiona un gasto inicial mayor, que puede no ser rentable.

A continuación se indican los parámetros que permiten dar un diseño de forma.

Capacidad del Equipo Triturador.

La capacidad del equipo triturador es determinada en plantas que tienen una producción diaria de 1,000 marquetas/ días. (72 TON/ día).

La trituración de las marquetas depende de las ventas y estas a su vez de etapas de pesca, como son, las etapas; clara y la oscura.

La etapa de la clara tiene una duración de 2 semanas, el promedio de venta es el 50% de la producción.

La etapa de la oscura que también tiene una duración de dos semanas y se vende el 100% de la producción más el stock de la producción no vendida en la etapa anterior.

Calculo:

Producción 1000 marquetas/día, el promedio de las marquetas son 72 Kilogramos, entonces la producción en Toneladas por día es de 72 Ton/ día.

Asumiendo que en la 1era etapa (baja) no se produce 4 de 7 días y un 50 % de la producción se vende, dando como resultado un stock 5500 marquetas (396 Ton).

Asumiendo en la 2da etapa (alta) se produce todos los 7 días, 1000

marquetas y se vende hasta 3000 marquetas/día (stock 5500). Sabiendo que el proceso de comercialización de hielo triturado en el día (24 h) es normalmente el 30 % es triturado que correspondiente a 900 marquetas / día (64.8 Ton / hora).

Se considera que el transporte del hielo triturado es el punto crítico, pues el despacho de hielo triturado debe ser repartido, para evitar que los camiones que transportan se acumulen. La capacidad máxima de carga de un camión es de 21 Ton. (290 marquetas).

Por tanto se requiere que el triturador tenga una capacidad de trituración de 25 Ton/hora, consiguiendo de esta manera triturar más de 340 marquetas en 1 hora.

Forma de ingreso de la marqueta de hielo al equipo.

Las características para manipular o despachar la marqueta exige que se debe asentar por el lado más pequeño (190 mm), por tanto los elementos para mover la marqueta y la escotilla de salida al quipo triturador tiene la forma que se indica en la figura 2.1

Por tanto la forma de entrada de la marqueta hacia el equipo debe ser horizontal.

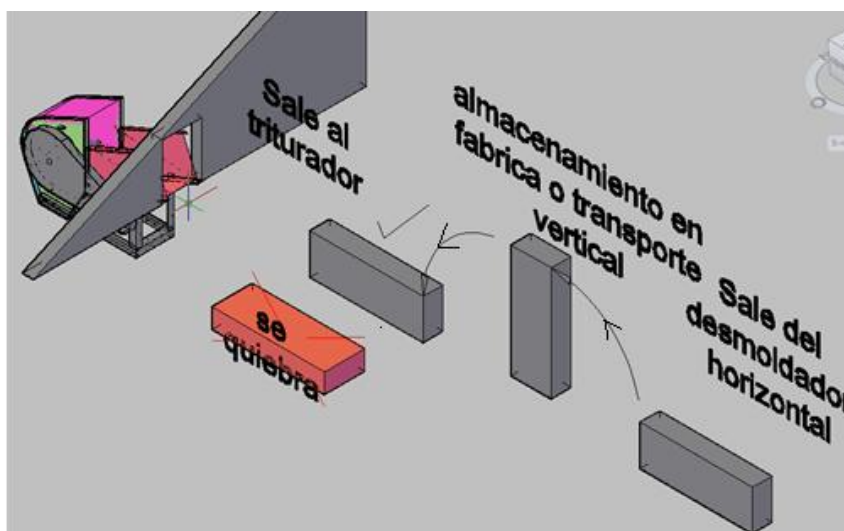


FIGURA 2.1 FORMA DE MANIPULAR EL HIELO

Material para la construcción del equipo.

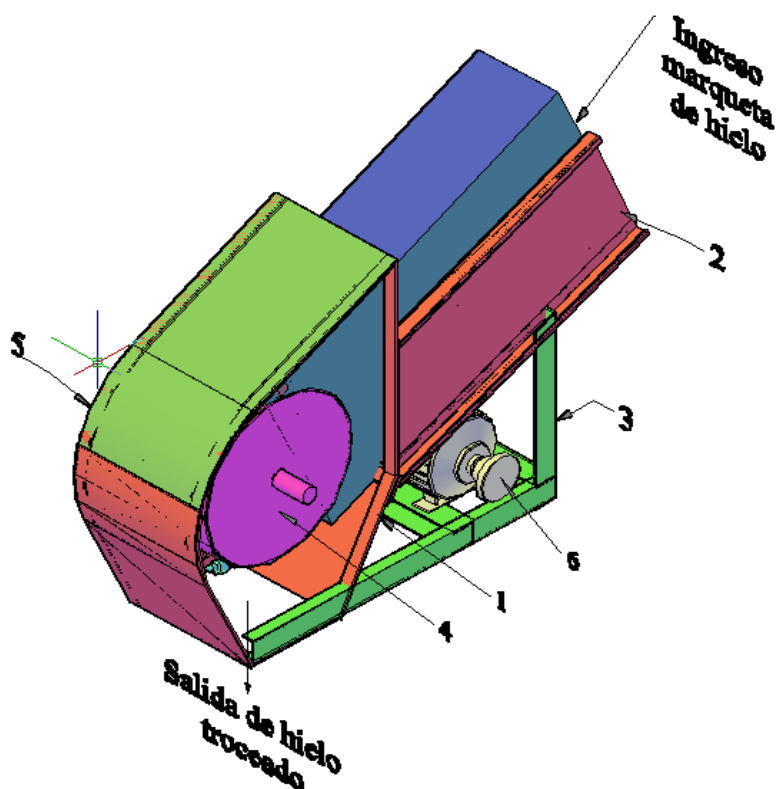
Para poder determinar cuál es el material con el que se construirá el equipo triturador existe como factor principal, el grado alimenticio, pues el hielo triturado está en contacto directo con los mariscos ejemplo, filetes de pescado. Y el otro factor que influye es la corrosión debido a que los equipos trituradores trabajarán en las costas ecuatorianas que tiene una humedad relativa promedio aproximada de 80% y una temperatura que oscila entre los 12°C. y los 35°C.

Teniendo en cuenta estos factores es que se elige un material de grado alimenticio y resistente a la corrosión, como el acero inoxidable, en el capítulo siguiente es analizada la resistencia mecánica.

2.2. Diseño de Forma.

El diseño de forma que se ha utilizado en este trabajo, está basado en equipos que existen en la región, el cual consiste básicamente en una entrada para las marquetas de hielo, un tambor triturador, una salida para el hielo triturado y una estructura que soporta el motor y el equipo.

En la figura 2.2 Se podrá visualizar las partes del equipo triturador.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.2 ESQUEMA DEL EQUIPO TRITURADOR

DESCRIPCIÓN GENERAL

Para la construcción del equipo se usa planchas, platinas, eje para el tambor triturador, para las cuchillas, para los porta-cuchillas y cuchillas. En el eje del tambor triturador se acoplan dos chumaceras y una polea. La potencia la genera el motor eléctrico que se transmite desde su polea a la polea de tambor triturador por medio de una banda.

Cuerpo del triturador.

Ver figura 2.2 posición 1.

El cuerpo tiene forma de embudo, 1 para que al ser triturada la marqueta de hilo por el tambor triturador los trozos que salen desprendidos sean encaminados hacia la parte de abajo para poder ser recogidos ya sea en gavetas o sacos.

Esta hecho de los siguientes partes, tapas laterales que son reforzadas con una platina que van soldadas alrededor, aquí también se deben soldar las bases para colocar chumaceras que soporta al eje del tambor triturador y la polea de transmisión.

Bandeja de entrada

Ver figura 2.2 posición 2.

Este elemento va acoplado a la carcasa del triturador por medio de platinas, estas a su vez sirven como soporte a la bandeja de entrada. La bandeja de entrada debe tener una inclinación positiva con respecto a la horizontal, para que la marqueta de hielo se deslice por sí sola.

La bandeja está encargada de guiar a la marqueta de hielo directamente hacia el tambor triturador y la inclinación permite que la marqueta de hielo caiga por gravedad.

Está hecha de tres pedazos de planchas de acero inoxidable que en sus extremos están doblados para que actúen como rigidizadores de borde y están unidos entre sí con soldadura (cordones cortos).

Bases y soportes.

Ver figura 2.2 posición 3.

Estas sirven para soportar la estructura del cuerpo y la bandeja de entrada. Además sirve para fijar el motor y anclarla el quipo. Esta construida de perfiles C y ángulos.

Tambor triturador.

Ver figura 2.2 posición 4.

El tambor triturador consta de dos discos y una plancha que se rola totalmente. Para conformar el cuerpo del tambor se realiza un proceso de soldadura para unir los discos, al cilindro (rolado), luego se sueldan los porta-cuchillas al tambor y las cuchillas al porta-cuchillas.

Al tambor triturador se suelda el eje solido, este se soporta en dos chumaceras que irán acoplados bases, que están aseguradas al cuerpo.

El tambor triturador tiene como objetivo triturar la marqueta de hielo.

Tapa de mantenimiento.

Ver figura 2.2 posición 5.

Fabricada con el fin de tener la facilidad de realizar el mantenimiento respectivo al tambor triturador.

Esta tapa tiene perforaciones para ser acoplada a cuerpo específicamente en las platinas por medio de pernos, además es desmontable y permite observar el estado del tambor triturador (cuchillas) así como también permite afilar las cuchillas.

Motor eléctrico.

Ver figura 2.2 posición 6.

Motor eléctrico está encargado de dar la potencia requerida para que el equipo supere la resistencia del hielo a ser triturado.

2.3 Construcción de Prototipo para Determinación de Parámetros.

2.3.1 Selección del Ángulo de avance de la marqueta.

Para esta prueba se construye una bandeja de entrada y se fija al cuerpo triturador con puntos de soldadura (fáciles de romper).

La bandeja está hecha en acero AISI 1018 y es por donde la marqueta se desliza hacia el tambor triturador, (el tambor es acero AISI 1018).

Antes de probar con la inclinación de la marqueta se consideró que la inclinación mínima, debido a coeficiente de rozamiento dinámico corresponde a $1^{\circ}8'$.

$$\tan^{-1}(0.02) = 1^{\circ}8'$$

TABLA 6.
COEFICIENTES DE ROZAMIENTO DE
ALGUNAS SUSTANCIAS

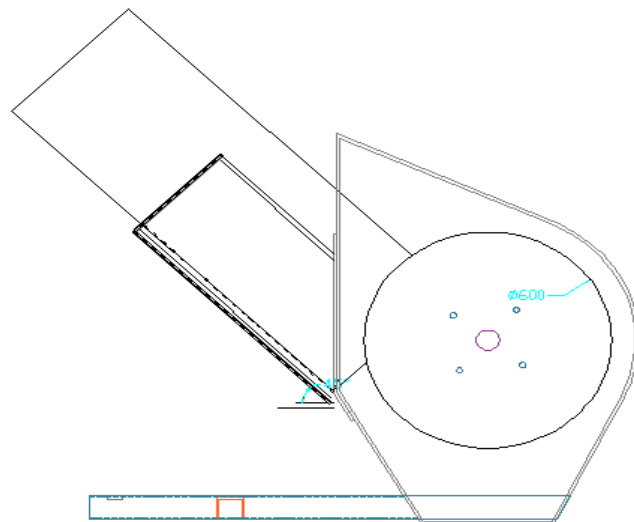
| Materiales en contacto | μ_e | μ_d |
|--|---------|---------|
| Articulaciones humanas | 0,02 | 0,003 |
| Acero // Hielo | 0,03 | 0,02 |
| Acero // Teflón | 0,04 | 0,04 |
| Teflón // Teflón | 0,04 | 0,04 |
| Hielo // Hielo | 0,1 | 0,03 |
| Esquí (encerado) // Nieve (0 °C) | 0,1 | 0,05 |
| Acero // Acero | 0,15 | 0,09 |
| Vidrio // Madera | 0,2 | 0,25 |
| Caucho // Cemento (húmedo) | 0,3 | 0,25 |
| Madera // Cuero | 0,5 | 0,4 |
| Caucho // Madera | 0,7 | 0,6 |
| Acero // Latón | 0,5 | 0,4 |
| Madera // Madera | 0,7 | 0,4 |
| Madera // Piedra | 0,7 | 0,3 |
| Vidrio // Vidrio | 0,9 | 0,4 |
| Caucho // Cemento (seco) | 1 | 0,8 |
| Cobre // Hierro (fundido) | 1,1 | 0,3 |

Fuente; http://es.wikipedia.org/wiki/Fricci%C3%B3nRozamiento_entre_superficies_de_dos_sólidos

Para determinar el ángulo se probó con un ángulo de 45°, obteniendo los siguientes resultados, Figura 2.3.

La componente del peso de la marqueta es suficiente para que avance por si sola mientras es triturada, pero se observa que cuando el bloque de hielo es soltado este impacta con mucha fuerza al tambor triturador, por lo tanto el operador tiene que detener (frenar) el avance de la marqueta para que esta no adquiera mucha velocidad y provoque daños al tambor y a la estructura. Por tanto se debe reducir el ángulo de inclinación para evitar estos problemas operativos.

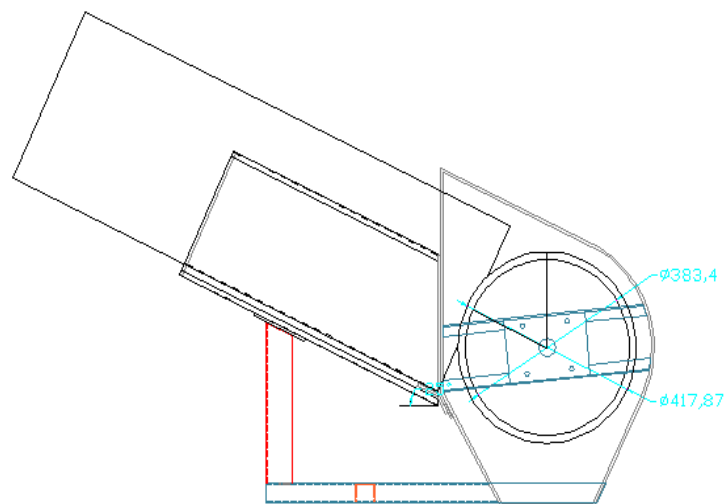
Ejemplo cuando el cliente quiere media marqueta de hielo, el operador tiene que controlar el avance y luego halar la marqueta aplicando bastante fuerza debido a que su componente del peso es grande.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.3 ÁNGULO DE INCLINACIÓN 45°

A un **ángulo de 25°**, se trituran varias marquetas de hielo y se puede concluir que resulta más adecuado, tanto para el operador como para el avance. Además de esto se considera coeficientes de fricción, componentes del peso y velocidades de impacto, ver Figura 2.4



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.4 ÁNGULO SELECCIONADO 25°

2.3.2 Dimensionamiento del Tambor Triturador con Respecto a la Marqueta.

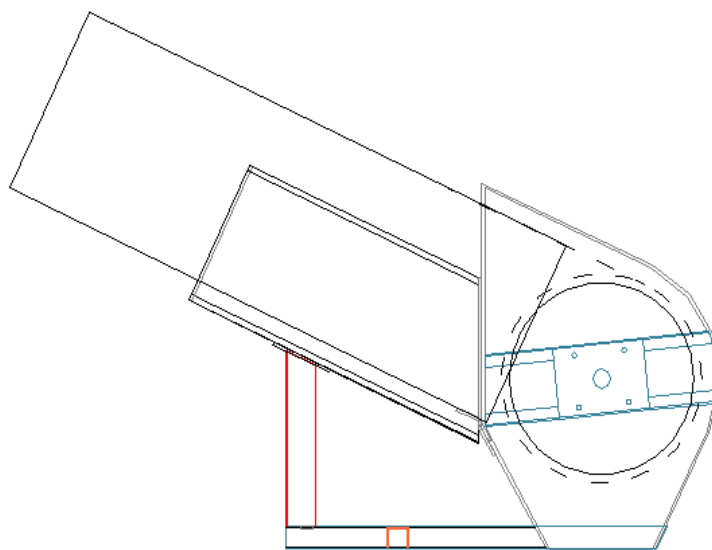
Para determinar la posición vertical adecuada para que la

marqueta de hielo entre en contacto con las cuchillas del tambor dependen del posicionamiento de la bandeja de entrada.

Para determinar la posición en que se soldará la bandeja de entrada se siguió el siguiente proceso.

Se posiciona la bandeja de tal forma que las cuchillas del tambor actúen desde la parte superior de la marqueta ver línea punteada, de la figura 2.5

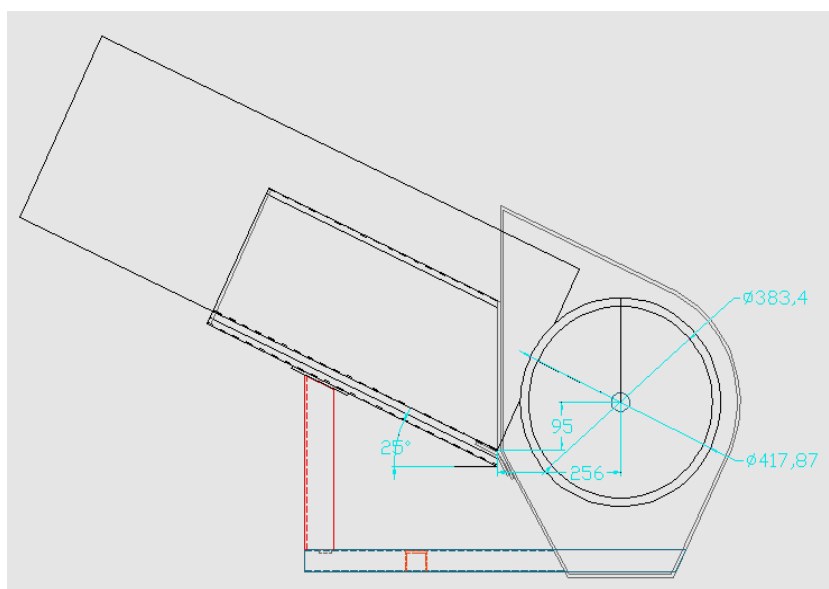
En esta posición la marqueta tiende a retroceder debido a que el impacto de las cuchillas es paralelo a la línea de acción en la parte superior de la maqueta.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.5 POSICIÓN DE LA BANDEJA EN QUE LA MARQUETA ESTA A LA MISMA ALTURA QUE LA LÍNEA DE ACCIÓN DE LAS CUCHILLAS.

En este ensayo se encuentra que una posición adecuada, corresponde a 95 mm. desde el centro del tambor a la base de la bandeja, como se aprecia en la Figura 2.6 En esta posición se evita que el impacto de las cuchillas haga retroceder a la marqueta y también evita que las cuchillas arranquen trozos de hielo en la parte inferior.



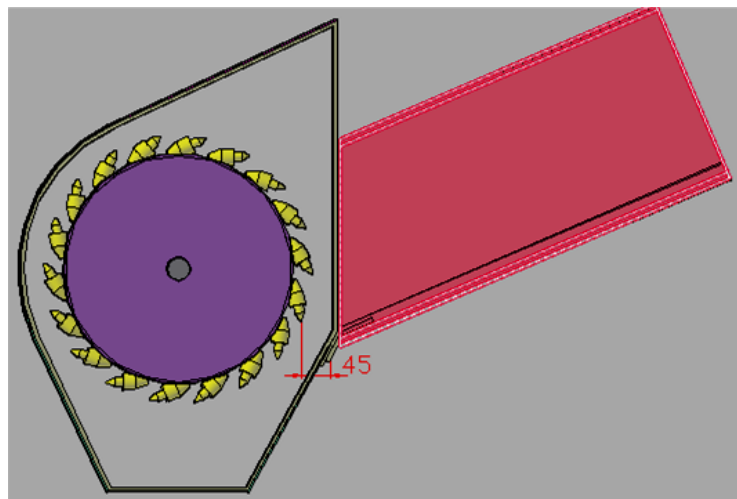
Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.6 POSICIÓN CORRECTA DEL TAMBOR CON RESPECTO A LA MARQUETA.

Para determinar la posición horizontal o espaciamiento adecuado, se empieza con una la distancia de 65 mm., pues es el promedio de tres trituradores que tienen una

granulometría aceptable, Se realizan las pruebas con esta distancia en el equipo y resulta un troceado con volúmenes grandes aproximados a 160 cm³. Por tanto se reduce la distancia a 45 mm., obteniendo un grano más regular de volúmenes aproximados a 50 cm³. Además se puede apreciar que este espaciamiento es prácticamente un filtro, pues no puede pasar un trozo de hielo exceda los 45 mm.

Esta dimensión de 45 mm. como medida máxima ya se analizó en los capítulos anteriores. Y está basada en aceptación del cliente (granulometría) ver Figura 2.7



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.7 ESPACIAMIENTO SELECCIONADO.

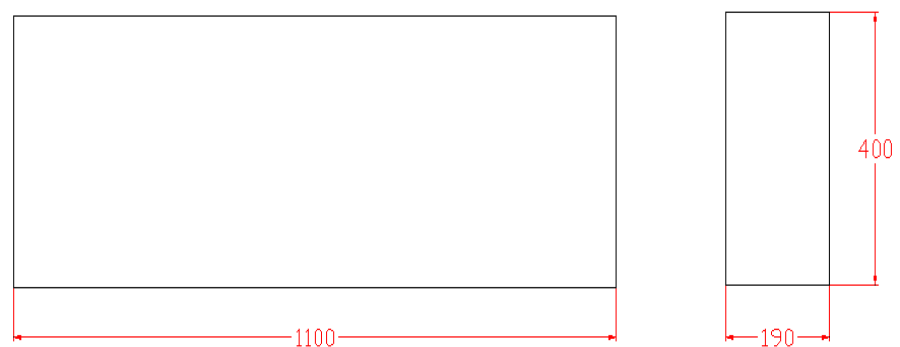
2.3.3 Dimensionamiento para el Diseño del Tambor Triturador.

Para la construcción del tambor se siguió el método de la prueba y error, debido a los diferentes puntos de congelación del hielo, con esto se hace referencia a marquetas de hielo templadas a semi-templadas, recalando estos diferentes estados tienen un comportamiento diferente.

Por lo que es necesario realizar pruebas con los diferentes estados de la marqueta, además se considera que a veces las marquetas de hielo tienen partes cristalinas (templadas) y partes no congeladas (focos).

Obtención del diámetro del tambor triturador.

Para esto se tiene en cuenta las dimensiones de la marqueta de hielo, largo $l=1100\text{mm.}$, altura $h=400\text{mm.}$ y ancho $b=190\text{mm.}$ como se ve en la Figura 2.8.



Fuente: Emerson Guerrero

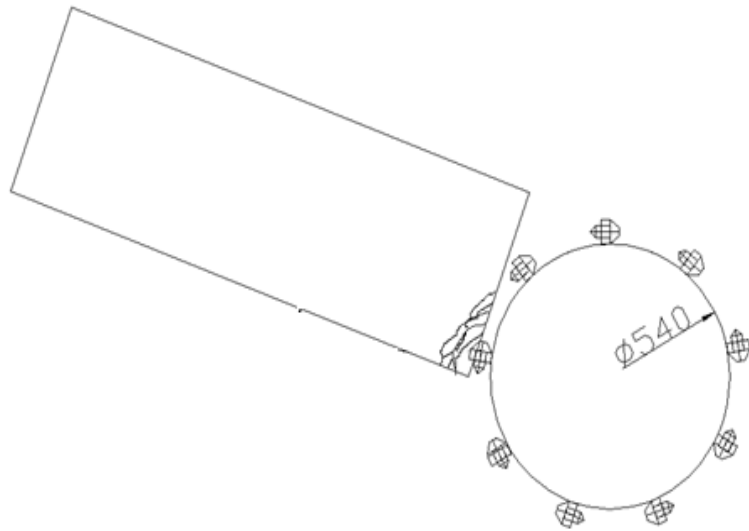
FIGURA 2.8 DIMENSIONES DE LA MARQUETA DE HIELO.

Primer ensayo;

Se construye un tambor con un diámetro $D_{acción} = 1.40 h$. (altura de la maqueta), $D_{tambor} = 480$ mm. con diámetro de acción de las cuchillas de $D_{acción} = 540$ mm., en acero AISI 1018, con un espesor de 6 mm., con porta cuchillas de acero (eje de transmisión) y cuchillas de acero inoxidable.

El objetivo de darle un diámetro grande al tambor triturador es lograr que la dirección de la cuchilla (tangencial al tambor) en la parte inferior de la maqueta sea lo más vertical posible y de esta manera se evita que se arranque trozos de hielo en la parte inferior y tener como resultado una trituración más homogénea.

De esta prueba se obtuvo que a mayor diámetro del tambor triturador el troceado resulte mucho más regular. Pero debe aplicarse fuerza para que la maqueta avance.



Fuente: Emerson Guerrero

**FIGURA 2.9 PRIMER ENSAYO, EN ACERO A 36 Y
CON Ø 540 MM**

Analizando la figura 2.9, se puede apreciar que las cuchillas, no desgarran el hielo en la parte inferior de la marqueta.

Tiempo de trituración por marquetas $t = 18$ seg.

La trituración es homogénea.

Segundo ensayo:

En este ensayo se construye un tambor triturador en acero inoxidable y con las siguientes características.

$$\varnothing_{\text{acción}} = 1.10 * h = 1.07 (390) = 417 \text{ mm.}$$

h = altura de la marqueta.

Cabe aclarar que el $\varnothing 417$ mm. es el diámetro de acción de

las cuchillas y no el diámetro del tambor.

El diámetro del tambor triturador es 382.8 mm. Se construye de una plancha en acero inoxidable de 3 mm. de espesor; 2 discos de \varnothing 358 mm. y un segmento de plancha recortado de $L = 382.8 \text{ (real)} * \pi - 20\text{mm. (rola y soldadura)} = 1140 \text{ mm.}$ y ancho 210 mm.

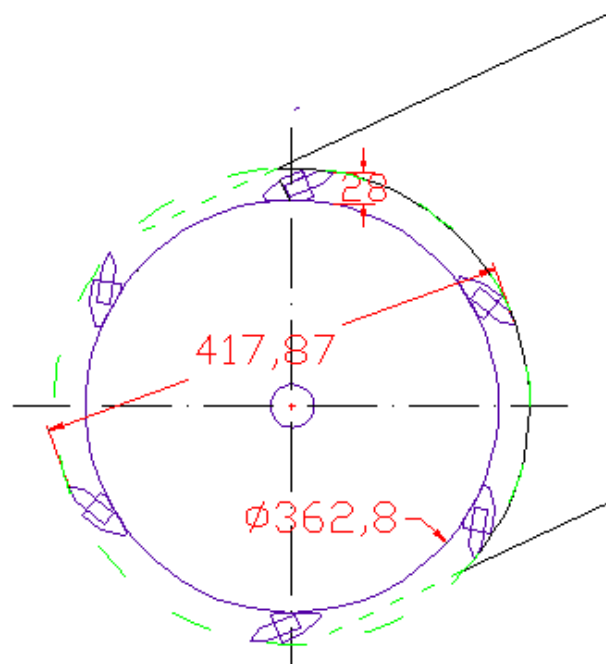
Se realiza la prueba triturando 10 marquetas obteniendo los siguientes resultados.

Tiempo de trituración por marquetas $t = 6 - 7 \text{ seg.}$

Buen triturado con volúmenes que van de 0.1cm^3 a 50 cm^3 .

Se ejerce poca fuerza (10 a 20 lb) para que la marqueta avance en su proceso de trituración.

Además se determina el diámetro de tambor de 382.8 mm. y el diámetro de acción de las cuchillas es 417.87 mm. son adecuados.



Fuente: Emerson Guerrero

**FIGURA 2.10 SEGUNDO ENSAYO, EN ACERO INOXIDABLE
Y CON Ø 417 MM.**

Distribución de cuchillas.

Para determinar la distribución de las cuchillas, se hicieron 3 modelos, teniendo en cuenta que las pruebas se busca realizarlas con mismas condiciones con respecto al estado del hielo.

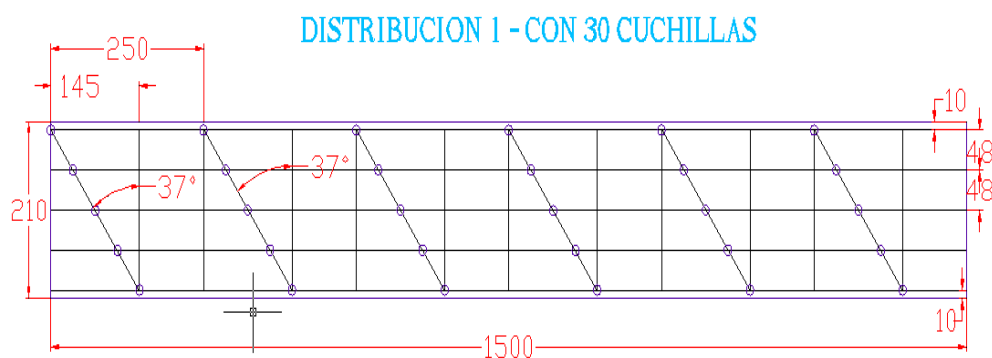
Modelo 1.

Para poder determinar la correcta disposición de las cuchillas, se realizaron pruebas utilizando el tambor triturador del 1er ensayo.

Se probó con 10 marquetas de hielo con las siguientes

condiciones; las revoluciones del tambor triturador son 580 RPM, con un motor de 5 Hp.

Se colocaron 30 cuchillas en 6 filas separadas a 48 mm., con un ángulo de 37° espaciadas 250 mm. y 5 columnas separadas 47.51 mm.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.11 DESARROLLO DEL TAMBOR TRITURADOR Y DISTRIBUCIÓN DE 30 CUCHILLAS

Análisis.

Para triturar la marqueta se necesita aplicar fuerza, alrededor de 445 N (100 lb) para que la marqueta avance en el proceso de trituración, esto se debe a que las cuchillas hacen surcos por donde pasan y debido a que la están en columnas

una detrás de la otra, al pasar no encuentran material para desprender. Además se nota que al pasar las cuchillas por el mismo surco se el porta-cuchilla choca con el hielo no desprendido (crestas del surco).

Se obtuvo un tiempo de trituración por marqueta de 18 seg.

Conclusión.

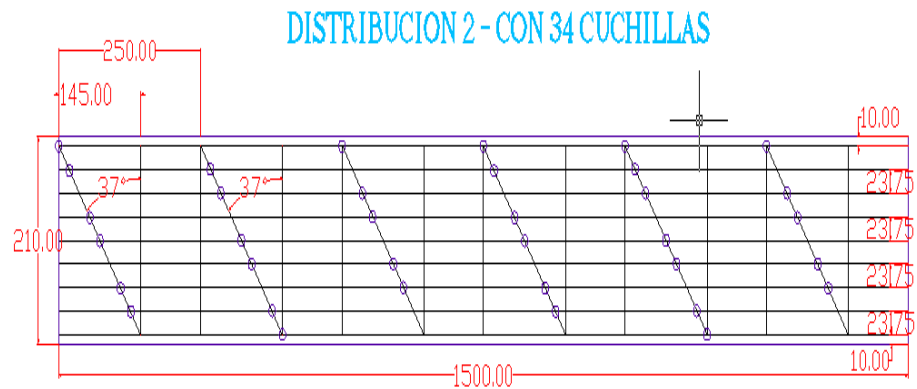
Se debe alternar las cuchillas y no colocarlas una detrás de la otra y bajar las revoluciones por minuto de triturador

Modelo 2.

En esta segunda distribución de las cuchillas se usa el mismo tambor triturador del modelo 1, pero la diferencia es que se le retiraron cuchillas y se realizó una nueva distribución.

Se realizan las pruebas, triturando 5 marquetas de hielo, con 420 RPM en el tambor triturador y motor de 5 Hp.

Se colocaron 34 cuchillas en 6 filas separadas 250mm., con un ángulo de 37° y 9 columnas esta separadas 23.75 mm.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.12 DESARROLLO DEL TAMBOR TRITURADOR Y DISTRIBUCIÓN DE 34 CUCHILLAS

Análisis.

Para la trituración de la marqueta esta vez se necesitó aplicar menos fuerza alrededor de 267 N (60 lb), en esta ocasión se apreció que los dientes incidían muchas veces en un mismo punto, además el porta cuchillas choca con los lados del surco dejado por la cuchilla. Se pudo notar también que se debe separar más las columnas.

Tiempo de trituración 14 seg.

Conclusión.

Se debe disminuir el número de cuchillas, pero lo más importante de esta prueba fue notar que con menos cuchillas

la trituración es más rápida.

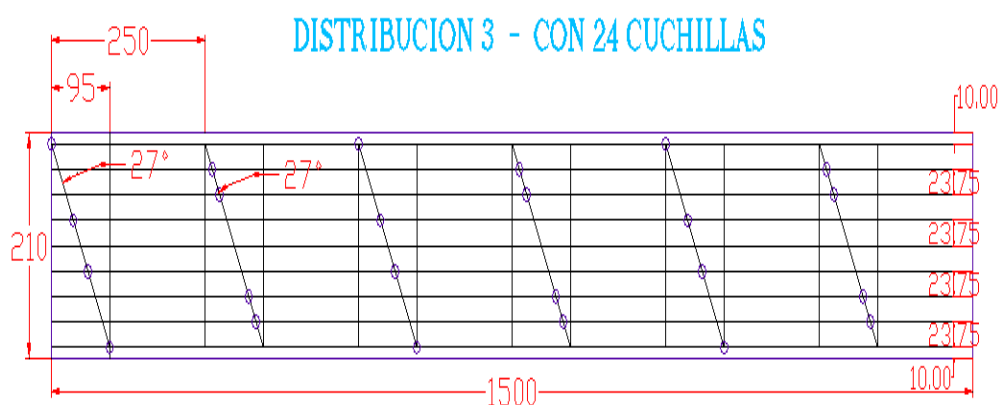
Se aprovecho el tambor triturador del primer modelo ($\varnothing=480$ mm) para hacer pruebas de distribución de cuchillas.

Modelo 3.

Pruebas realizadas con 8 marquetas de hielo, con 530 RPM, motor de 5 Hp. Este tambor triturador fue hecho en acero inoxidable AISI 304, con un espesor de 3 mm., con porta cuchillas mecanizados de ejes sólidos de acero inoxidable AISI 304 y cuchillas también del mismo material.

El diámetro del tambor triturador es de 382.80 mm. y el diámetro de acción de las cuchillas es de 417.80 mm.

Se colocaron 24 cuchillas en 6 filas con un ángulo de 37° espaciadas 250 mm. y 9 columnas separadas 23.75 mm.

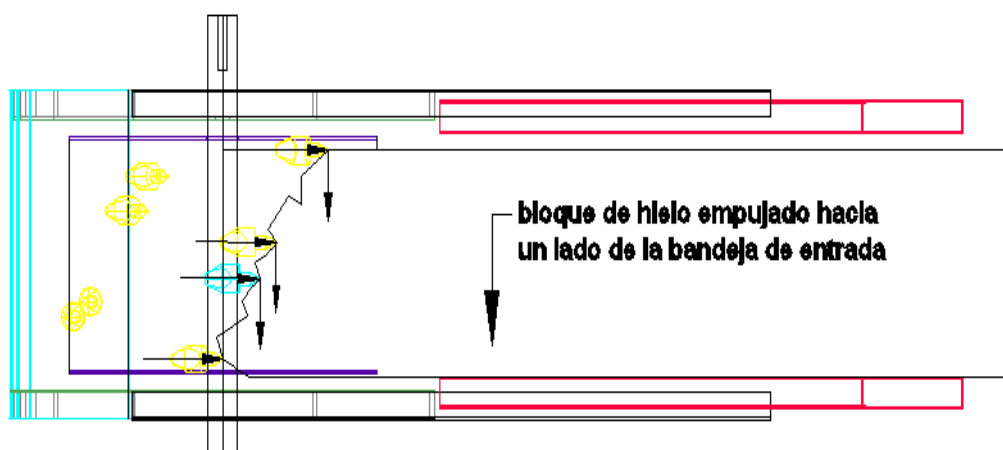


Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.13. DESARROLLO DEL TAMBOR TRITURADOR Y DISTRIBUCIÓN DE 24 CUCHILLAS

Análisis.

Para poder triturar la maqueta se necesito menos fuerza que en las anteriores pruebas, alrededor de 170 N (40 lb). Se aprecia que el comportamiento en la maqueta de hielo, tiende a deslizarse apegada hacia el lado de la bandeja y esto se debe a la inclinación (27°) de las filas de las cuchillas (impactos), como se aprecia en la figura. Tiempo de trituración 12 seg.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.14 IMPACTOS EMPUJAN LA MARQUETA A UN LADO DEL EQUIPO.

CONCLUSIÓN.

En la tercera prueba se puede descubrir que ángulo de 25° y

-25° ver figura 2.15, es el factor más influyente para disminuir los tiempo de trituración y también fuerza de empuje. Con esta disposición No paralela (de filas de cuchillas), se consigue que la marqueta se deslice rápidamente y no se quede apegada a un solo lado de la bandeja si no que esté de un lado al otro.

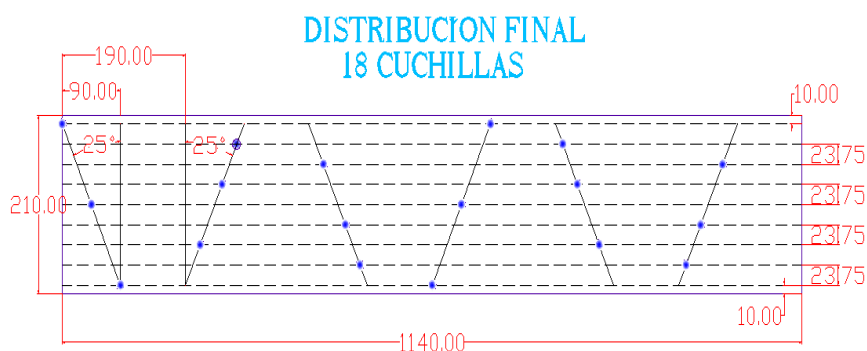
Modelo 4.

Pruebas con 12 marquetas de hielo, con el tambor triturador girando a 420 RPM, motor de 5 Hp.

Este tambor triturador fue hecho en acero inoxidable, con un espesor de 3 mm. Las porta cuchillas y cuchillas también en acero inoxidable.

El diámetro del tambor triturador es de 382.8 mm. y el diámetro de acción de las cuchillas es de 417.80 mm.

Se colocaron 18 cuchillas en 6 filas con un ángulo con respecto a la vertical de 25° y -25°, espaciadas 100 mm. y 9 columnas separadas 23.75 mm., la distribución se observa en la figura 2.15



Fuente: Emerson Guerrero

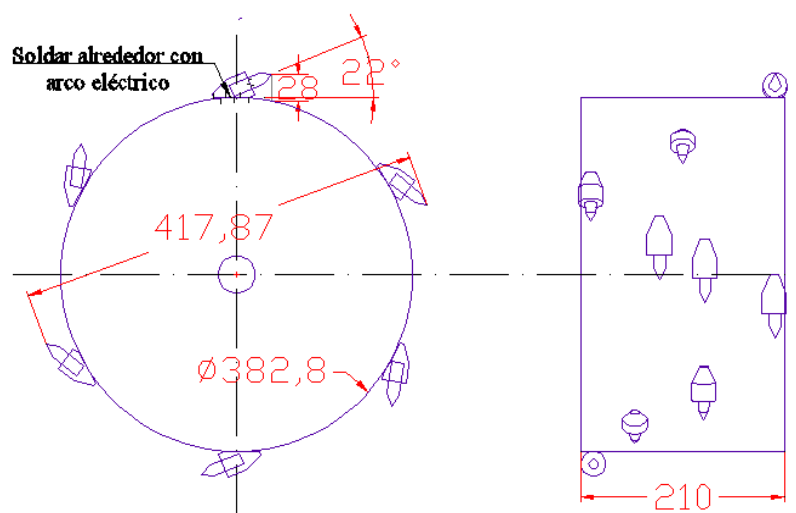
FIGURA 2.15 DESARROLLO DEL TAMBOR TRITURADOR Y DISTRIBUCIÓN DE 18 CUCHILLAS

Análisis.

Para poder triturar la marqueta se necesitó menos fuerza que en las anteriores pruebas, en este caso es su propio peso. Se observa que la marqueta de hielo no se queda estática a un solo lado de la bandeja si no que va de un lado a otro, logrando con esto que las cuchillas siempre encuentran a la marqueta en movimiento y por tanto encontrando áreas no impactadas (no hay surcos). El tiempo de trituración es muy bueno y está alrededor de los 6 a 7 segundos por marqueta. Se concluye que esta distribución de cuchillas permite hacer un triturado rápido, con una buena granulometría e impactos más eficientes.

Por tanto se elige esta distribución de cuchillas, pues permite cumplir con la capacidad de producción requerida.

En la figura 2.16 se da un detalle de la posición, inclinación y distribución de las cuchillas.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA. 2.16 DETALLES DE LA DISPOSICIÓN DE LAS CUCHILLAS

Estas son las fotos del tambor triturador resultante de los de los diferentes ensayos realizados.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.17 DETALLES DE LA DISPOSICIÓN DE LAS CUCHILLAS

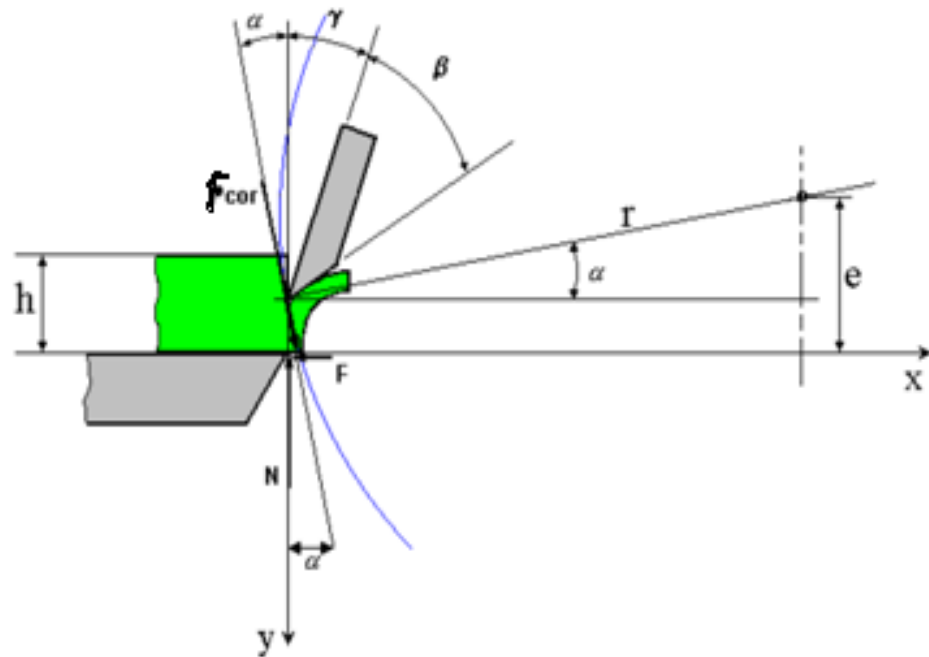
2.4 Determinación de la Fuerza y Potencia Consumida en el Proceso de Corte.

Para el diseño del equipo triturador se toman el fundamento teórico del Manual de Diseño Mecánico de SHIGLEY quinta edición, manuales, tablas del fabricante páginas de internet.

Determinación de la fuerza

Para determinar la fuerza, es necesario definir la interacción de la fuerza de corte al momento que entra en contacto con la marqueta de hielo.

En el siguiente gráfico¹, se aprecia; la fuerza de corte, radio de acción de la cuchilla (r), ángulo α , h altura de la marqueta.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.18 INTERACCIÓN DEL TAMBOR DE CORTE CON LA MARQUETA DE HIELO.

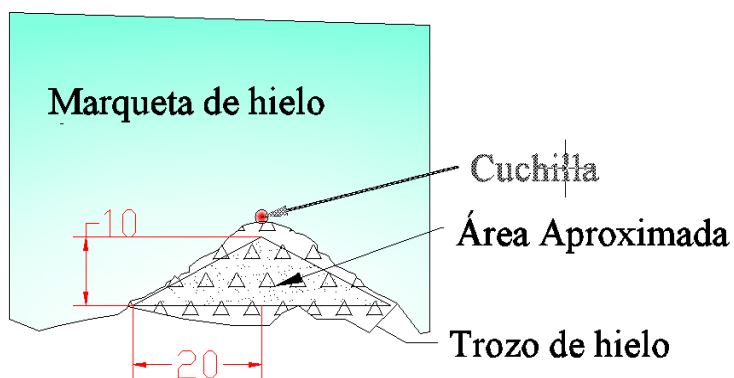
Para el análisis del equipo triturador de marquetas de hielo en marquetas, se cuenta con los siguientes datos iniciales:

TABLA 7

DATOS INICIALES PARA LOS CÁLCULOS

| Descripción | Cantidad | Unidad |
|---|----------|-------------------|
| Densidad (γ_c) | 999 | Kg/m ³ |
| Capacidad del equipo (Q) | 25 | Ton/H |
| Radio (r) | 0,208 | m |
| Área de corte (Ac) | 0,0002 | m ² |
| Angulo de fricción (φ_{din}) (bandeja de entrada) | 1,15 | grados |
| Angulo de corte (α) | 27,11 | grados |
| Numero de cuchillas (n) | 18 | unidades |
| Delta L (ΔL) | 0,001 | metros |
| longitud de la marqueta (L) | 1,1 | metros |
| Peso marqueta | 72 | kg |

Para determinar la fuerza de corte, primero se define el área perpendicular a la fuerza de corte.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.19 ÁREA DE CORTE APROXIMADA.

$$A_{aprox} = 2A$$

$$A = (b * h) / 2$$

$$A_{\text{aprox}} = 2[(10 * 20) / 2] = 200 \text{ mm}^2$$

Utilizando los resultados del ensayo realizado por CHUNGANDRO N. ORLANDO JAVIER (Noviembre 2008) Tesis de grado.

$$\tau = 0.334 \text{ N/mm}^2$$

Una vez definido los valores del área aproximada y el esfuerzo de corte se usa la expresión siguiente.

$$\tau = F_c / A$$

Fc: fuerza de corte

A: Área perpendicular a la fuerza

$$F_c = \tau * A$$

$$F_c = 66.8 \text{ N}$$

La potencia del motor se consume en desfragmentar (trocear) la maqueta del hielo y en las pérdidas por transmisión de potencia.

Potencia consumida en el proceso de corte.

La potencia consumida en el proceso de corte, por una cuchilla en una revolución del tambor es:

$$P_n = T * w$$

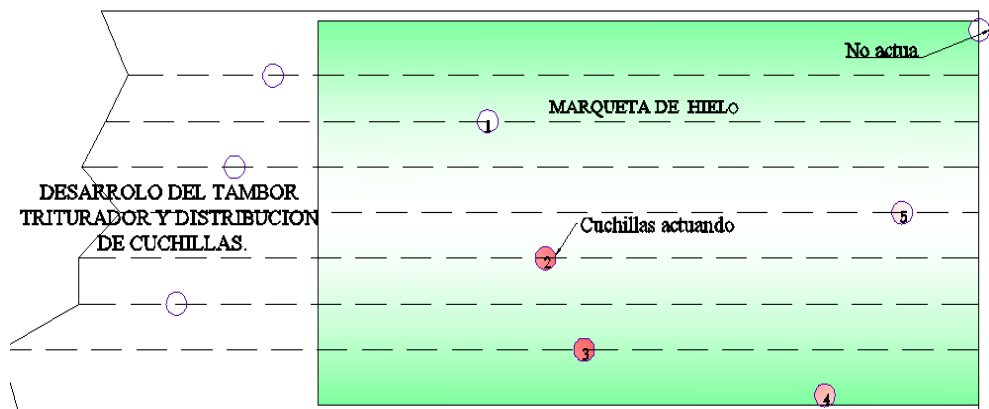
Donde:

P_n = potencia nominal [W]

T = torque por la cuchillas [N m]

w = velocidad angular de las cuchillas [rad/s]

Para determinar el torque total producido por las cuchillas, es necesario definir cuantas cuchillas entran en contacto con la marqueta cuando el tambor esta rotando, para lo cual, utilizar el gráfico siguiente, en el que se aprecia la distribución de las cuchillas a lo largo del desarrollo del tambor triturador.

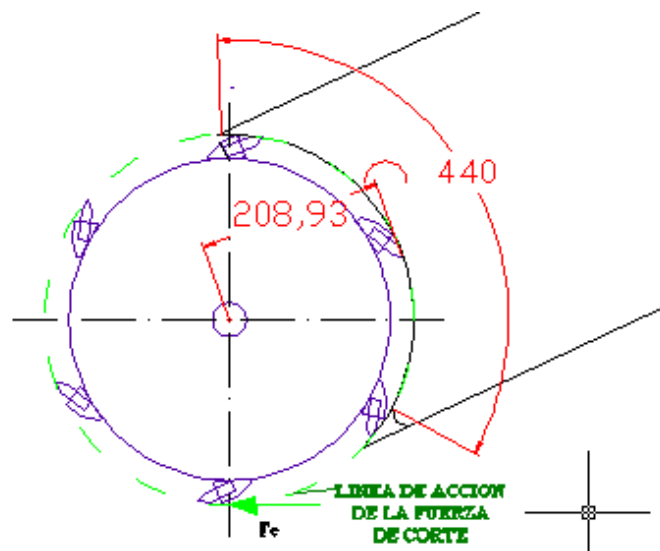


Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.20 NÚMERO DE CUCHILLAS QUE PRODUCEN TORQUE.

En la figura, se aprecia que son 5 las cuchillas que entran en contacto con la marqueta de hielo.

Además se recalca que la fuerza de corte, en todo momento es tangencial a la línea de acción de las cuchillas.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.21 LÍNEA DE ACCIÓN DE LA FUERZA DE CORTE.

$$T_T = n (F_c * d)$$

$$T_T = 5 (66.8 * 0.20893)$$

$$T_T = 69.78 \text{ Nm}$$

T_T : Torque total [N m]

n : número de cuchillas

F_c : fuerza de corte

d : distancia del centro a la fuerza de corte.

Para cumplir con los requerimientos de capacidad de la máquina, 25 TON/H, se realiza los siguientes cálculos;

$$25 \frac{TON}{H} * \frac{1000 Kg}{1 TON} * \frac{1 H}{60 min} = 416.667 Kg/min$$

1 maqueta de hielo tiene un peso promedio de 72 Kg.

$$416.667 \frac{Kg}{min} * \frac{1 Marq.}{72 Kg} = \frac{5.787 Marq.}{min}$$

Para realizar los cálculos, se aproxima a 6 Marq./ min. Lo que dice que cada 10 segundos se tritura una maqueta.

El volumen de cada maqueta es de:

$$V \text{ marq.} = 1100 * 390 * 190 / 10 \text{ seg} = 81510000 \text{ mm}^3 / \text{seg.}$$

Cada cuchilla arranca un volumen de:

$$V_c = A_{\text{aprox}} * S$$

V_c : Volumen de cada cuchilla

A_{aprox} : Área aproximada en mm^2

S : recorrido de la cuchilla arrancando hielo en mm.

$$V_c = 200 \text{ mm}^2 * 440 \text{ mm}$$

$$V_c = 88000 \text{ mm}^3$$

Se hace una igualdad, relacionando la cantidad de material que arranca cada cuchilla y se despeja rps.

$$81510000 \frac{\text{mm}^3}{\text{seg}} = rps * \frac{18 \text{ cuchillas}}{1 \text{ rev}} * \frac{88000 \text{ mm}^3}{1 \text{ cuchilla}}$$

$$rps = 5.145$$

Teniendo en cuenta que las cuchillas, no siempre arrancan la misma cantidad de material, se multiplica por un factor del 40% de eficiencia.

Por lo tanto, la velocidad angular es de;

$$w = 1.4 * 5.145 \frac{\text{rev}}{\text{seg}} * \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 45.265 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Ingresando los valores obtenidos anteriormente, se encuentra la potencia del motor.

$$P = T * w$$

$$P = 69.78 * 7.204$$

$$P = 3158.0955 \text{ W}$$

$$P = 3158.0955 \text{ W} * \frac{1 \text{ Hp}}{745.69 \text{ W}}$$

$$P = 4.235 \text{ Hp}$$

Debido al desgaste por fricción del sistema de transmisión, se divide la potencia útil, por el factor de servicio de 0,85 correspondiente al sistema de transmisión de correas.

$$\text{Potencia real} = \frac{N_{\text{útil}}}{0,85}$$

$$\text{Potencia real} = 4.98 \text{ Hp}$$

Como resultado de los cálculos se obtuvieron los siguientes resultados:

Fuerza de corte: 66.8 N

Potencia útil: 3,158 KW= 4,23Hp

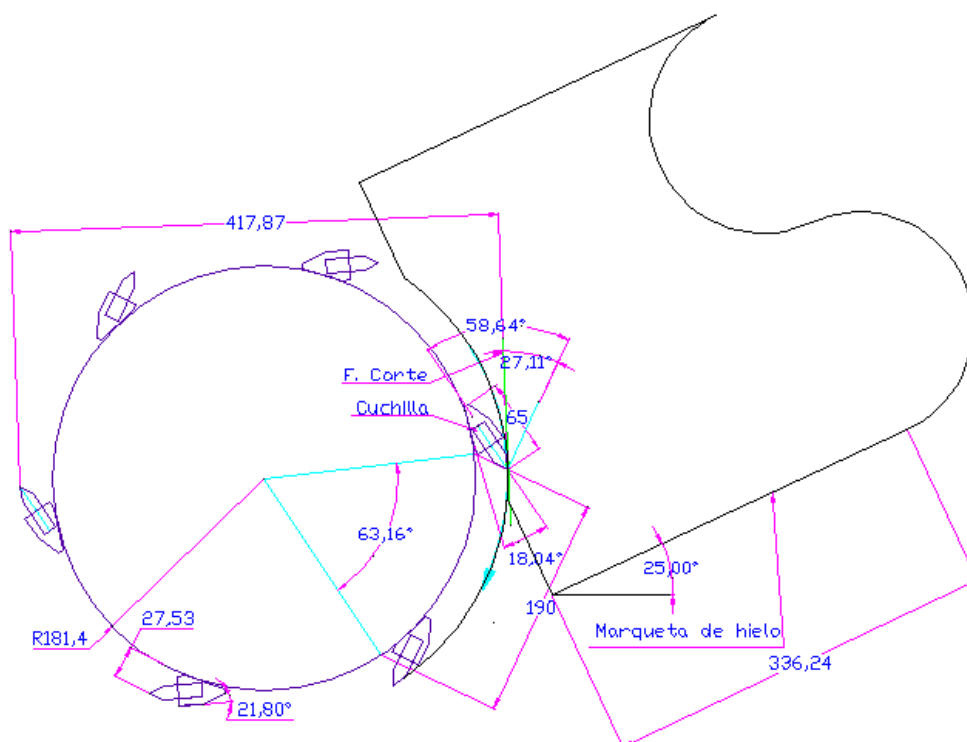
Potencia real: 4,98 Hp

2.5 Análisis del Tambor de Corte utilizando el Programa SAP Versión 9.03.

Para el análisis del tambor de corte, se empleo el programa de computación de elementos finitos SAP 2000 Versión 9.03, para el cual se trabajó con la carga de corte determinada en la sección 2.5.

Debido a que la cuchilla se encuentra inclinada 22 grados con respecto a la tangente de la línea de acción de las cuchillas, se

descompone la fuerza de corte, para encontrar un momento resultante en la base de la cuchilla que esta soldada al tambor.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.22 FUERZA DE CORTE Y MOMENTO.

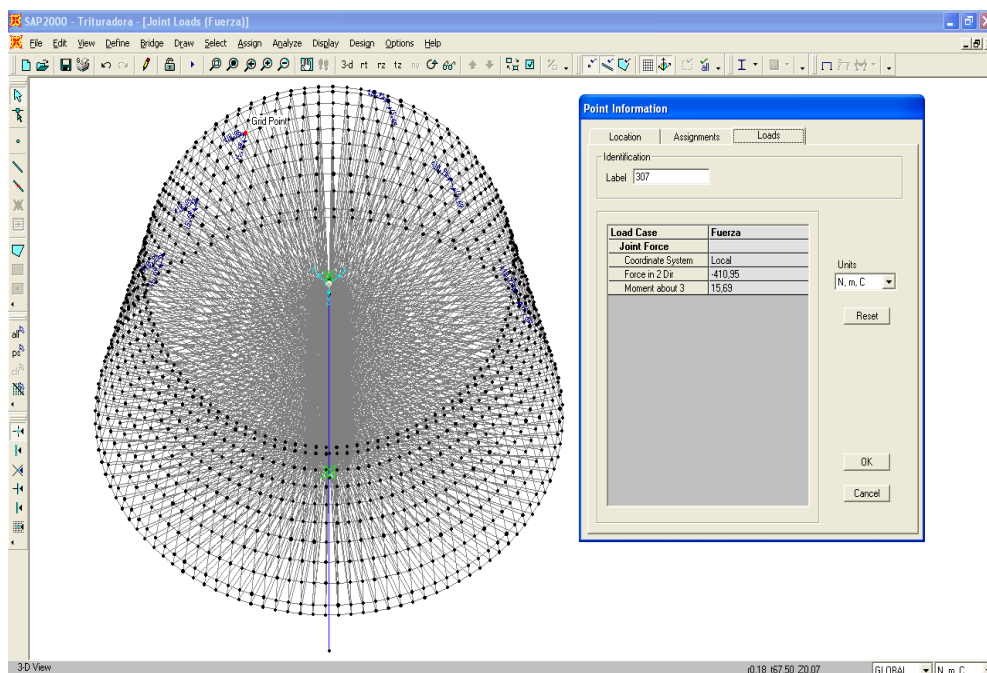
Colocando la fuerza de corte perpendicular al eje de la cuchilla se determina el momento local que ejercerá sobre cada punto portador de la cuchilla.

$$M = F \cos(58^\circ) \times 0,02751$$

$$M = 66.8 \text{ N} \cos(58^\circ) \times 0,02751 \text{ m}$$

$$M=0.9738 \text{ Nm}$$

En la figura siguiente, se aprecia las reacciones que se aplican sobre el tambor de corte.

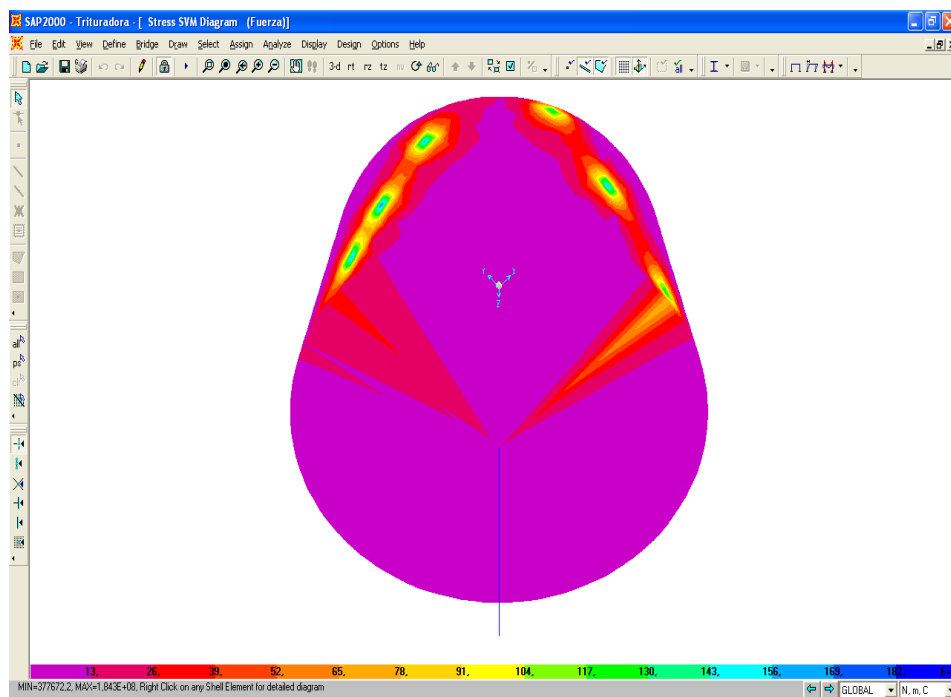


Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.23 REACCIONES DE FUERZA DE CORTE Y MOMENTO LOCAL.

En la figura 2.23 se puede apreciar el resultado del análisis de elementos finitos y los esfuerzos obtenidos se encuentran expresados cuantitativamente en una banda de color la cual está en N/m^2 , como se puede observar en la figura las regiones de mayor esfuerzo se encuentran representado con colores de tonos oscuros

y como se puede apreciar ocurre sobre los puntos de instalación de la cuchillas de corte.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.24 ANÁLISIS DE VON MISES MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS.

Aplicando la teoría de Von Mises de esfuerzos combinados sobre el elemento Shell se encuentra un factor de seguridad (η) el cual debe ser mayor a 1 para establecer que no ocurrirá falla cuando el elemento, llegue a ciertos límites de resistencia como el límite de fluencia del material.

Como se puede observar en la gráfica el valor de Von Misses para el Shell del tambor de corte es de 184,3 MPa, el límite de fluencia para el acero ASTM A304 es 310 MPa., por lo tanto se obtiene:

$$\sigma^I = \sqrt{(\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + 3\tau_{XY}^2 - \sigma_X\sigma_Y)}$$

$$\sigma^I = \sqrt{(\sigma * K_t)^2 + 3(\tau * K_{ts})^2}$$

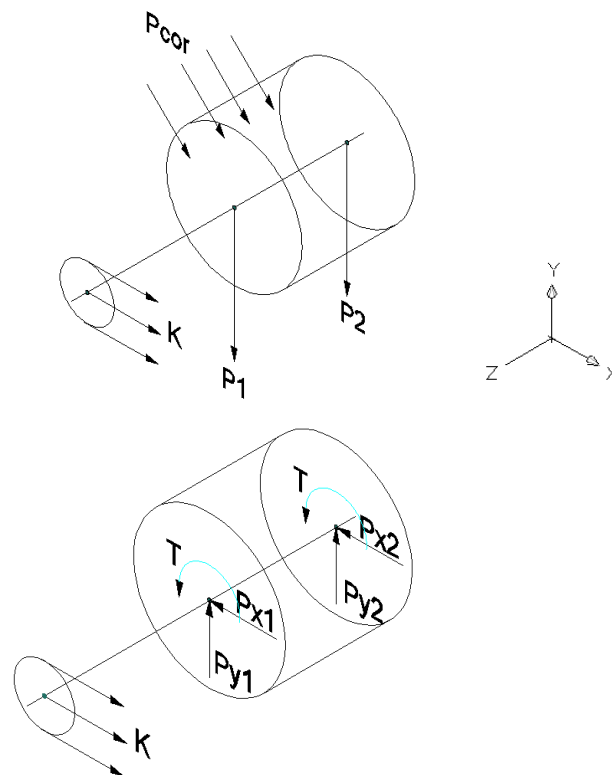
Von Misses elemento Shell de la tolva.

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma^I} = \frac{310\text{MPa}}{184,3\text{MPa}}$$

$$\eta = 1,68$$

2.6 Diseño de Eje.

Para comenzar el diseño del eje se asumió un diámetro de 38.1mm. y el material del eje ASTM A304, cuyo esfuerzo de fluencia es 310 MPa y esfuerzo último 620 MPa.

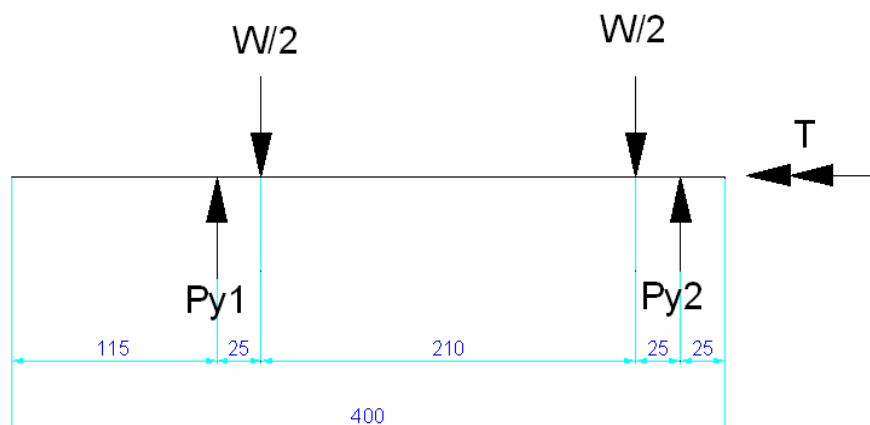


a.- Diagrama de fuerzas sobre el eje b.- Diagrama de reacciones sobre el eje

Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.25 DIAGRAMA DE FUERZAS Y REACCIONES SOBRE EL EJE.

En la figura se observan las fuerzas y reacciones sobre el eje de transmisión. Para el análisis es necesario determinar las cargas que actúan sobre el eje, como se muestra en las figuras las cargas actúan en los planos X-Z y Y-Z.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.26 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LAS REACCIONES SOBRE EL EJE Y-Z

Donde W representa el peso del tambor de corte y Py son las reacciones con respecto al plano Y-Z.

El torque se determina desarrollando la siguiente ecuación.

$$P = T\omega$$

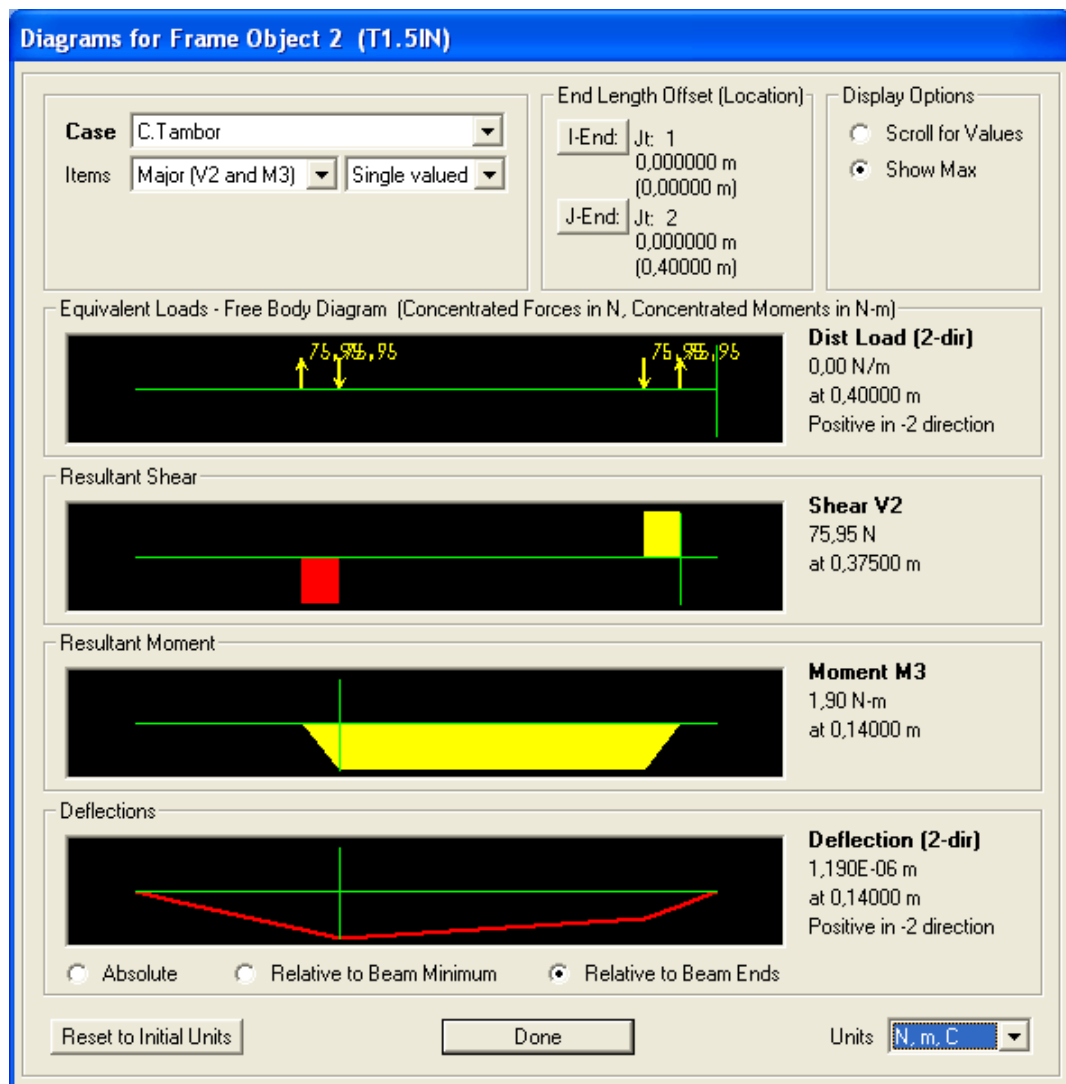
$$T = \frac{P}{\omega}$$

En la cual la potencia transmitida al eje es de 5 HP (3730W) y la velocidad angular adquirida es de 437,5rpm (45,81rad / seg), por lo tanto el torque del árbol de transmisión es:

$$T = \frac{3730W}{45,81\text{rad/sg}} = 81,42\text{Nm}$$

En la figura se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje en el plano X-Z, utilizando el diagrama se determina el punto crítico del eje, es decir el punto de mayor momento flector.

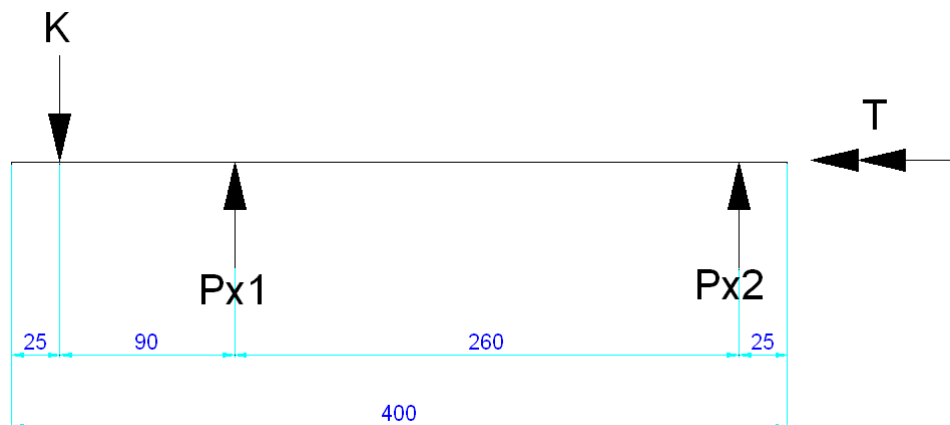
Utilizando el programa de computación de elementos finitos SAP 2000 Versión 9.03, se determina el diagrama de fuerzas cortante y momento flector, el programa también muestra el momento máximo sobre el eje.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.27 FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR-PLANO Y-Z.

En la figura se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje en el plano X-Z, como se puede ver las reacciones en los puntos 1 y 2 son producidas por la carga generada por la polea (K).



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.28 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LAS REACCIONES SOBRE EL EJE X-Z.

La carga K generada por la polea se determina, mediante la siguiente expresión, la cual debe ser multiplicada por el factor de carga (f_w), que se encuentra en el catalogo NTN.

$$K_{tc} = \frac{19.1 \times 10^3 H}{n * d_p}$$

Donde:

H: Potencia transmitida en Kw

N: Número de revoluciones en rpm.

Dp: Diámetro de paso de la polea en m.

$$K = f_w * K_{tc}$$

Del anexo 2. Se selecciona el factor f_w , para trituradoras con partes en movimiento se le asigna un rango de 1.5 a 3 para este caso se toma el valor de 2,3.

$$K_{tc} = \frac{19.1 \times 10^3 H}{n * dp}$$

$$K_{tc} = \frac{19.1 \times 10^3 (3,73KW)}{437,5rpm * 0.09144mt}$$

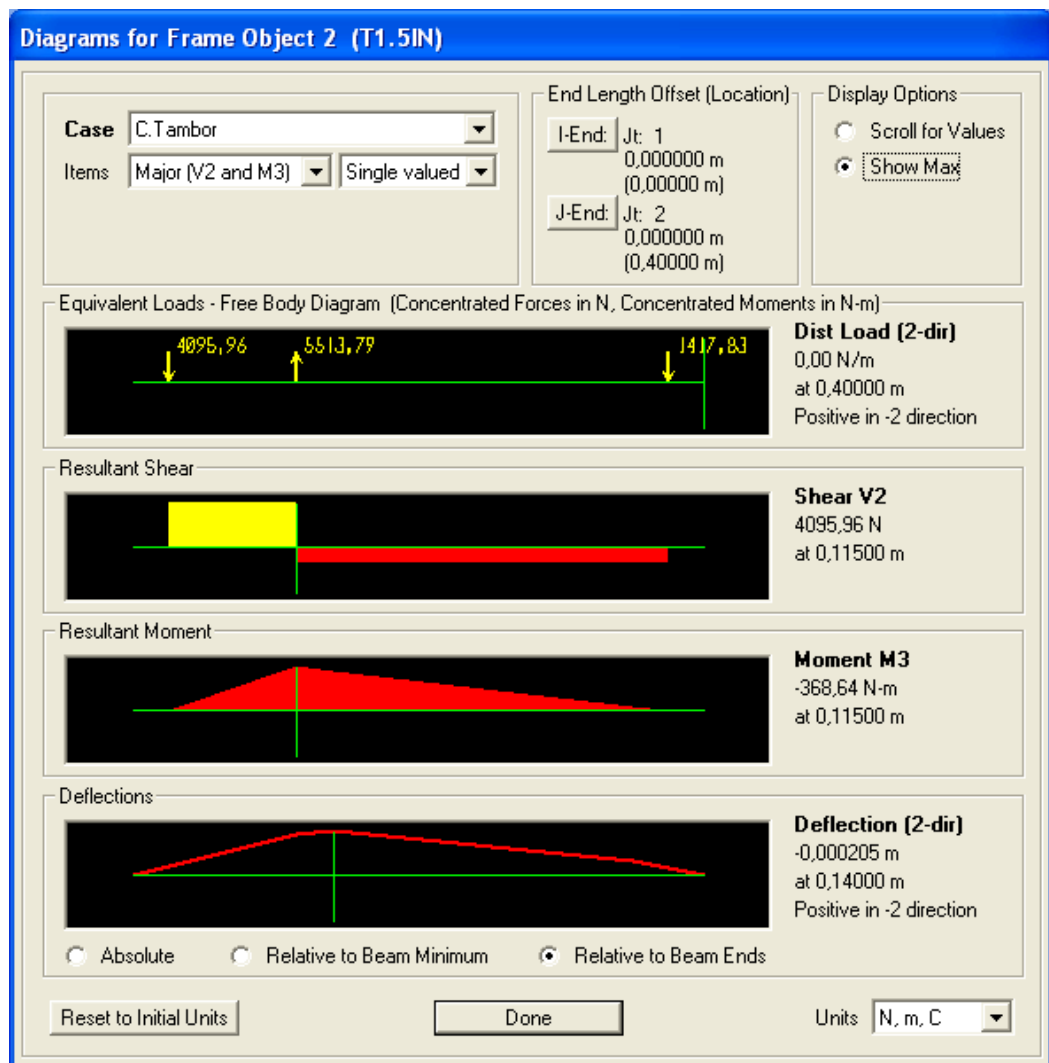
$$K_{tc} = 1780,85N$$

$$K = f_w * K_{tc}$$

$$K = 2,3 * 1780,85N$$

$$K = 4095,96N$$

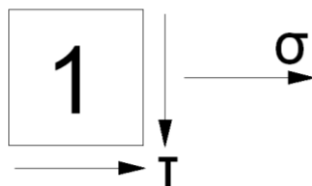
Utilizando el programa de computación de elementos finitos SAP 2000 Versión 9.03 determinamos el diagrama de fuerzas cortante y momento flector, además muestra el momento máximo sobre el eje.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.29 GRÁFICO DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR-PLANO X-Z.

El primer paso para comprobar el diámetro de diseño del eje de transmisión es realizar un análisis estático y un análisis dinámico o de fatiga.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.30 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE SOBRE ELEMENTO CRÍTICO EN EL EJE.

Debido a que el momento máximo ocurre en el punto 1 del plano Y-Z, se denomina al punto 1, punto crítico A representado en la figura, en este punto se centra el análisis tanto estático como dinámico, para el análisis estático se procede a determinar los esfuerzos tanto de flexión como de torsión.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{M_{\max} \left(\frac{d}{2} \right)}{\left(\frac{\pi * d^4}{64} \right)} = \frac{32M_{\max}}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{32 * 368,64 \text{Nmt}}{\pi d^3} = \frac{3754,9 \text{Nmt}}{d^3}$$

$$\tau = \frac{Tr}{J} = \frac{T \left(\frac{d}{2} \right)}{\left(\frac{\pi * d^4}{32} \right)} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16 * 81,42 \text{Nmt}}{\pi d^3} = \frac{414,67 \text{Nmt}}{d^3}$$

Debido a no existir cambios de diámetros en el eje, no se determinaran puntos críticos.

Aplicando la teoría de Von Misses, se encuentra un factor de seguridad el cual debe ser mayor a uno para establecer que no ocurrirá falla cuando el elemento llegue a ciertos límites de resistencia como el límite de fluencia del material.

$$\sigma^I = \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2 - \sigma_x \sigma_y)}$$

$$\sigma^I = \sqrt{(\sigma)^2 + 3(\tau)^2}$$

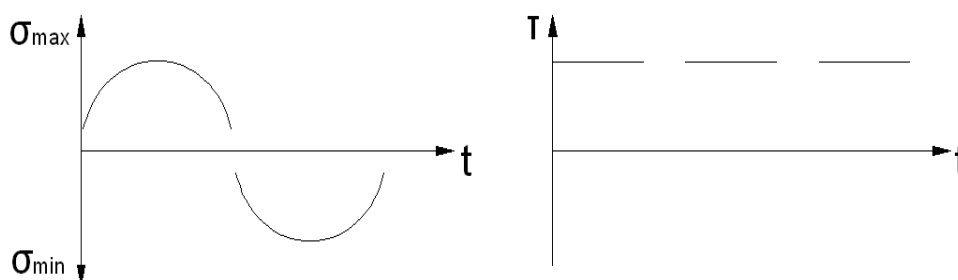
$$\sigma^I = \sqrt{\left(\frac{3754,9 \text{Nmt}}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{414,67 \text{Nmt}}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma^I = 68.35 \text{MPa}$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma^I} = \frac{303,8 \times 10^6 \text{Pa}}{68,35 \times 10^6 \text{Pa}}$$

$$\eta = 4,44$$

Ahora se procede a realizar el análisis dinámico o de fatiga. El punto crítico sobre el eje ocurre donde se genera el máximo momento flector, en este punto se genera un momento flector a flexión y al girar $\Delta\theta$ grados se produce un momento flector a compresión produciéndose un momento flector totalmente alternante como se observa en la figura, por lo tanto se procede a realizar un análisis a fatiga del tipo totalmente alternante.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.31 DIAGRAMA DE ESFUERZO DE FATIGA Y DE TORSIÓN SOBRE EL PUNTO CRÍTICO DEL EJE.

$$|\sigma_{\max}| = |\sigma_{\min}| = \frac{Mc}{I} = \frac{M_{\max} \left(\frac{d}{2} \right)}{\left(\frac{\pi * d^4}{64} \right)} = \frac{32M_{\max}}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{Tr}{J} = \frac{T\left(\frac{d}{2}\right)}{\left(\frac{\pi * d^4}{32}\right)} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

Debido a que se produce un esfuerzo cíclico totalmente alternante se observa que el esfuerzo flector máximo en magnitud es igual al esfuerzo flector mínimo, por lo tanto el esfuerzo local medio es nulo teniendo como esfuerzo local alterno, al máximo esfuerzo a flexión.

$$\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$$

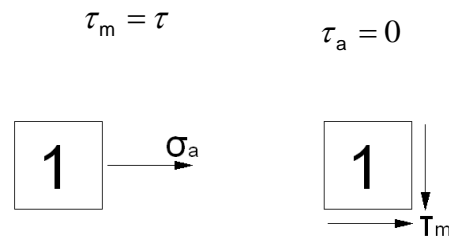
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{-\sigma_{\min} + \sigma_{\min}}{2} = 0$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{\sigma_{\max} - (-\sigma_{\min})}{2} = \sigma_{\max}$$

$$\sigma_a = \sigma_{\max}$$

Como se observa en la figura, el esfuerzo local alternante en el cortante es equivalente a cero por lo tanto el esfuerzo local medio en el cortante se lo obtiene de la siguiente manera:



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.32 DIAGRAMA DE ESFUERZO ALTERNANTE Y ESFUERZO CORTANTE.

En la figura 2.32 se observa el punto crítico bajo la acción del esfuerzo local alternante y el esfuerzo local cortante, debido a no presentar cambios de diámetros no se determinará el concentrador de esfuerzo a la fatiga (K_f) que afecta directamente al alternante. Utilizando los esfuerzos locales y el concentrador de esfuerzo a la fatiga se determina los esfuerzos Von Misses alterno y medio.

$$\sigma^I = \sqrt{(\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + 3\tau_{XY}^2 - \sigma_X\sigma_Y)}$$

$$\sigma_a^I = \sqrt{(\sigma_a)^2}$$

$$\sigma_m^I = \sqrt{3(\tau_m)^2}$$

$$\sigma_a^I = \sqrt{\left(\frac{32M_{\max}}{\pi d^3}\right)^2}$$

$$\sigma_a^l = \sqrt{\left(\frac{32(368,64\text{Nmt})}{\pi(0.0381\text{mt})^3}\right)^2}$$

$$\sigma_a^l = 67893,41 \frac{\text{KN}}{\text{mt}^2}$$

$$\sigma_m^l = \sqrt{3\left(\frac{16T}{\pi d^3}\right)^2}$$

$$\sigma_m^l = \sqrt{3\left(\frac{16 * 81,42\text{Nmt}}{\pi(0.0381\text{mt})^3}\right)^2}$$

$$\sigma_m^l = 7901,54 \frac{\text{KN}}{\text{mt}^2}$$

Luego se determina el factor de seguridad mediante la expresión:

$$\frac{1}{\eta} = \frac{\sigma_a^l}{Se} + \frac{\sigma_m^l}{Sut}$$

Luego se determina el límite de resistencia a la fatiga, corregido del material (Se).

$$Se = C_{\text{Carga}} C_{\text{Tamaño}} C_{\text{Superficie}} C_{\text{Temperatura}} C_{\text{Confiabilidad}} Se^l$$

$C_{\text{Carga}} = 1$ debido a que se encuentra a flexión.

$$C_{\text{Tamaño}} = 1.189d_{\text{equiv}}^{-0.097}$$

Donde:

$$d_{\text{equiv}} = \sqrt{\frac{A_{95}}{0.0766}}$$

$A_{95} = 0.0766d^2$ Para un eje redondo en rotación.

$$d_{\text{equiv}} = d$$

$$C_{\text{Tamaño}} = 1.189(38,1)_{\text{equiv}}^{-0.097}$$

$$C_{\text{Tamaño}} = 0.83$$

$$C_{\text{Superficie}} = A(\text{Sut})^b$$

Donde los coeficientes A y b para acabado superficial mediante el maquinado son respectivamente 4.51 y -0.265

$$C_{\text{Superficie}} = 4.51(499,8\text{MPa})^{-0.265}$$

$$C_{\text{Superficie}} = 0.87$$

$C_{\text{Temperatura}} = 1$, Debido a que la temperatura de operación es menor a 450°C .

$C_{\text{Confiabilidad}} = 0.75$ Debido a que se asume una confiabilidad al 99.9%.

$Se^I = 0.5\text{Sut}$, Debido a que el esfuerzo ultimo es menor a 1400MPa.

$$Se^I = 0.5(499,8\text{MPa})$$

$$Se^I = 249,9\text{MPa}$$

Por lo tanto el límite de resistencia a la fatiga corregido de un material queda de la siguiente manera:

$$S_e = 1 * 0.83 * 0.87 * 1 * 0.75 * 249,9 \text{MPa}$$

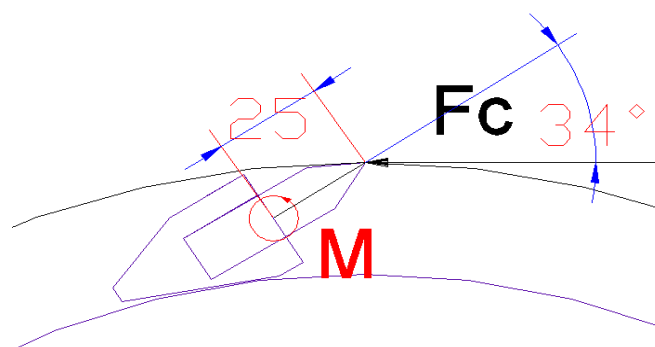
$$S_e = 135,33 \text{Mpa}$$

Reemplazando en la ecuación se obtiene un factor de seguridad el cual deberá ser mayor a uno para establecer que no existirá falla alguna en el material debido a la fatiga del elemento A.

$$\frac{1}{\eta} = \frac{67,89 \text{MPa}}{135,33 \text{MPa}} + \frac{7,9 \text{MPa}}{499,8 \text{MPa}}$$

$$\eta = 1.93$$

DISEÑO DE LA CUCHILLA.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 2.33 FUERZAS QUE ACTÚAN EN LA CUCHILLA.

En la figura 2.33 se observa la fuerza a la que está sometida la cuchilla.

Para un acero para herramientas, cuyas propiedades mecánicas son:

$$S_{ut} = 620 \text{ MPa.}$$

$$S_y = 310 \text{ MPa}$$

Se realiza el diseño con estos datos.

Diseño Estático:

Se aplica la Ecuación

$$\sigma = \frac{F_c}{A}$$

Para obtener el factor de diseño estático.

$$F_c = 66.8 \cos 34^\circ = 55.38 \text{ N}$$

$$A = 113.1 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\sigma = 489.667 \text{ Nm}$$

$$n = \frac{310 \text{ MPa}}{489.667 \text{ Pa}} = 633$$

El factor de seguridad estático es alto por lo que justifica que no falle dinámicamente.

2.7 Selección de Chumacera.

La chumacera es del tipo soporte NTN como se puede observar en la figura y la carga a soportar es la resultante de fuerza en el punto 1.

$$R_1 = \sqrt{(P_1x + P_1y)}$$

$$R_1 = \sqrt{[(5513,79N)^2 + (75,95N)^2]}$$

$$R_1 = 5514N$$

Las chumaceras se seleccionan obteniendo la capacidad básica de carga (C_r), la cual se determina mediante la ecuación.

$$C_r = P_r \left(\frac{L_{10h} * 60 * n}{10^6} \right)^{1/p}$$

$$L_{10h} = 500f_h^p$$

Donde n representa las revoluciones del eje en rpm y p es un factor exponencial definido por el tipo de rodamiento en nuestro caso es 3 debido a que se trata de un rodamiento de bola, L_{10h} se denomina vida nominal básica en horas y se la determina mediante la ecuación, donde f_h es el factor de vida que depende del servicio y del tipo de máquina.

De la tabla 1 anexo 1. Se determina el factor de vida, para trituradora con uso continuo para más de 8 horas el cual se asigna un valor de 3,5.

$$L_{10h} = 500(3,5)^3 = 21437,5 \text{ horas.}$$

$$C_r = P_r \left(\frac{L_{10h} * 60 * n}{10^6} \right)^{1/p}$$

$$C_r = 5514N \left(\frac{21437,5 \text{ hr} * 60 * 437,5 \text{ rpm}}{10^6} \right)^{1/3}$$

$$C_r = 45523,64N$$

Del catálogo NTN se selecciona las chumacera

En el punto 2 se utilizará una chumacera del tipo NTN, en donde la carga radial a soportar es:

$$R_2 = \sqrt{(P_2x + P_2y)}$$

$$R_2 = \sqrt{[(1417,83N)^2 + (75,95N)^2]}$$

$$R_2 = 1419,86N$$

El factor de vida es el mismo debido a que ambas chumaceras pertenecen al mismo sistema, por lo tanto reemplazando los valores correspondientes en la ecuación se determina la capacidad básica de carga.

$$C_r = P_r \left(\frac{L_{10h} * 60 * n}{10^6} \right)^{1/p}$$

$$C_r = 1418,76N \left(\frac{21437,5 \text{ hr} * 60 * 437,5 \text{ rpm}}{10^6} \right)^{1/3}$$

$$C_r = 11713,29N$$

Del catálogo NTN se selecciona la chumacera tipo brida cuadrada, con alojamiento de acero fundido con manguito de fijación, con código UKF309D1 que contiene la chumacera UK309D1, el cual presenta una capacidad de carga de 53000N.

2.8 Selección del Sistema de Transmisión de Potencia.

Para seleccionar, la mejor transmisión de Banda-V para esta aplicación, es necesario tener los siguientes datos:

TABLA 8.

DATOS PARA SELECCIONAR EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.

| Descripción | Cantidad | Unidad |
|---------------------------------|-----------------|---------------|
| Caballo de fuerza | 5,00 | HP |
| Velocidad angular eje motriz | 1750 | rpm |
| Velocidad angular eje impulsado | 109,40 | rpm |
| Distancia entre centro | 0,50 | m |
| Diámetro de eje | 38.1 | mm |
| Horas promedio de operación | 8,00 | Hr. |

Procedimiento de selección.

Determinar el diseño de Caballos de Fuerza.

Del anexo 2, se determina el F.S. adecuado de acuerdo al tipo de máquina más similar a la aplicación.

DISEÑO DE CABALLOS DE FUERZA = REQUISITO DE HP X F. S

Del Anexo 2. Se selecciona un factor de 1,5 debido a que se trata de un molino en servicio continuo.

Diseño de caballos de fuerza= $5\text{HP} \times 1,5$

Diseño de caballos de fuerza= $7,5\text{HP}$

La selección del tipo de banda, se determina por condiciones de su aplicación. Para el cual el eje horizontal del anexo 23, se localiza la velocidad angular en rpm. del eje más rápido y en el eje vertical el diseño de Caballos de Fuerza. El punto donde las líneas se interceptan indica el cruce de sección de banda convencional recomendada, para este caso la velocidad angular es de 1750 rpm. y la potencia 7,5 Hp. por lo tanto la banda convencional es del tipo 3V.

En la Tabla de anexo 2; Se localiza la intersección de Caballo de fuerza y velocidad (rpm) del motor dado para obtener el diámetro de

polea Mínimo recomendado, por lo tanto se selecciona de la tabla una polea de diámetro 3", pero debido a la escasez en el mercado se selecciona uno de 4" lo cual presentar mayor área de adherencia de la banda sobre la polea.

El ratio del sistema de transmisión se determina dividiendo la velocidad angular del eje motriz y la velocidad de eje conducido.

$$\text{ratio} = \frac{\omega_{\text{Motriz}}}{\omega_{\text{Conducido}}} = \frac{1750\text{rpm}}{437,5\text{rpm}} = 4$$

Donde el diámetro de la polea conducida se la obtiene con la siguiente expresión:

$$D_{\text{Conducido}} = \text{ratio}(D_{\text{Motriz}}) = 4(4") = 16"$$

Es necesario determinar la velocidad de la banda la cual debe de ser menor a 5000 ft/min para evitar desbalance del sistema, para determina la velocidad de la banda se utiliza la siguiente expresión:

$$V_{\text{Banda}} = 0,262(Dp_{\text{ej-Motriz}})(\omega_{\text{ej-Motriz}}) \cdot [ft / \text{min}]$$

$$V_{\text{Banda}} = 0,262(3,8")(1750\text{rpm}) = 1742,3 \text{ ft / min}$$

La distancia mínima entre ejes se la determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Distancia entre eje}_{\text{Mnima}} = \frac{D_{\text{conducido}} + 3D_{\text{Motriz}}}{2}$$

$$\text{Distancia entre eje}_{\text{Mnima}} = \frac{16'' + 3(4'')} {2} = 14''$$

La longitud de la banda se la determina mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Longitud}_{\text{Banda}} = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$\text{Longitud}_{\text{Banda}} = 2(14'') + 1,57(16'' + 4'') + \frac{(16'' - 4'')^2}{4(14'')}$$

$$\text{Longitud}_{\text{Banda}} = 61,97''$$

Determinar el número de bandas requeridas.

Para determinar el Número de bandas y por lo tanto el número de ranuras de las poleas, es necesario determinar el factor de corrección del arco (G) el cual esta descrito en el anexo 6, interpolando tenemos un factor de corrección de 0,87, también se determina en el anexo 8 la potencia básica de la banda (HPb) de la

cual se obtiene 3,9 y del anexo 9 se determina la potencia por relación del ratio (HPr) por velocidad lo cual es equivalente a 0,38.

Re calculando la longitud de la banda la cual se selecciona de la tabla 6 una longitud estándar de 63" con su factor de corrección (Fc) de 1. Tomando esta longitud se recalcula la distancia entre los centro obteniendo 15".

La potencia por banda se la obtiene utilizando la siguiente expresión.

$$H_{p_{Banda}} = H_{pb} + H_{pr}$$

$$H_{p_{Banda}} = 3,9H_p + 0,38H_p = 4,28H_p$$

Luego se determina la potencia por banda corregida

$$H_{pc_{Banda}} = H_{p_{Banda}}(F_c)(G)$$

$$H_{pc_{Banda}} = 4,28H_p(1)(0,87)$$

$$H_{pc_{Banda}} = 3,72H_p$$

Y por último se determina el número de ranuras de cada polea.

$$\#de.ranuras = \frac{H_p}{H_{pc_{Banda}}}$$

$$\#de.ranuras = \frac{7,5H_p}{3,72H_p} = 2,01$$

Por lo tanto se deberá utilizar dos bandas tipo 3V de 63" de longitud y una polea de 4" con dos ranuras tipo 3V y una polea de 16" con dos ranuras tipo 3V.

CAPÍTULO 3

3. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO TRITURADOR.

3.1 Información y Descripción General.

DESCRIPCIÓN GENERAL:

Para la construcción del TRITURADOR, cabe aclarar que el taller cuenta con las herramientas y equipos para trabajar con materiales en acero inoxidable y a continuación se hacer una descripción:

1. Máquinas y Equipos:

Equipo de corte Plasma (9-12) mm., equipo de soldadura TIG, Roladora, plegadora, taladro manual y de columna.

2. Herramientas:

Brocas, útiles de torneear, escuadras, limas, martillo, llaves, rayador, discos de zirconio.

3. Instrumentos de medición y verificación:

Calibrador pie de rey, compas, flexómetro, escuadra, galga.

4. Materia Prima.

Árboles macizos, planchas, platinas.

5. Elementos normalizados y seleccionados.

Motor eléctrico, rodamientos, chumaceras, pernos.

El EQUIPO TRITURADOR es fabricado totalmente en ACERO INOXIDABLE AISI 304; cuerpo-carcasa, bandeja de entrada, tambor triturador, tapa de mantenimiento, platinas, bases del equipo, ejes sólidos de (12, 25 y 38) mm. Cuenta con un motor eléctrico trifásico que transmite potencia hacia el tambor triturador a través de una banda y dos poleas.

CUERPO DEL TRITURADOR:

La función de este cuerpo es soportar al tambor triturador y encaminar el hielo troceado hacia abajo, evitando que el hielo troceado salga disparado.

Se construye con cuatro piezas en acero inoxidable AISI 304, (planchas 2 mm. espesor), cubriendo al tambor triturador y conforman el cuerpo del triturador.

BANDEJA DE ENTRADA:

Esta encargada de guiar a la marqueta de hielo directamente hacia el tambor triturador y la inclinación de la bandeja (25°), permite que la marqueta de hielo se deslice por gravedad.

La bandeja de entrada se acopla al cuerpo del triturador a un ángulo de inclinación de 25° con respecto a la horizontal, por medio de platinas, que a su vez sirven como soporte a la bandeja de entrada.

TAMBOR TRITURADOR:

El tambor triturador tiene como objetivo trocear la marqueta de hielo.

Se fabrica en acero inoxidable AISI 304, plancha de 3 mm. de espesor y estos compuestos por dos discos y una plancha rolada totalmente para formar el cuerpo del tambor. Alrededor de la parte cilíndrica del tambor están soldados los porta cuchillas y cuchillas.

TAPA DE MANTENIMIENTO:

Da facilidad para realizar las inspecciones y el mantenimiento a las cuchillas y porta cuchilla del tambor triturador. Se fabrica en acero inoxidable AISI 304, plancha de 2 mm. de espesor. Acoplada al

cuerpo específicamente en las platinas de refuerzo de las tapas,
con 5 tornillos (hilo fino) por cada lado.

MOTOR ELÉCTRICO

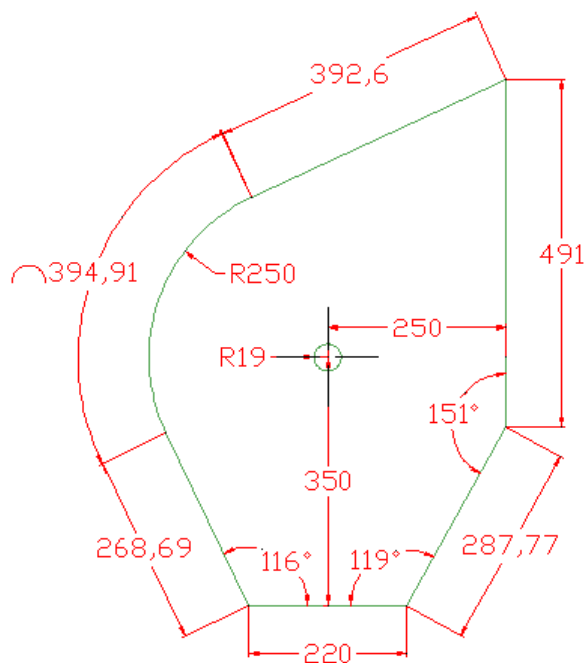
MOTOR ELÉCTRICO SIEMENS, TRIFÁSICO

| Tipo | Frame ICE | Potencia | | F .S. | In | | Eficien η % | Factor de potencia cos ø | Velocidad nominal rpm | Torque nomina l Nm | Peso Kg. |
|--------------------|--------------|----------|------|----------|-----------|--------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------|
| | | H P | kW | | 220V A | 440V A | | | | | |
| 1LA7 073- 4YA60 | 112 M | 5 | 3,73 | 1,15 | 15,8 | 7,9 | 80,5 | 0,78 | 1740 | 20,47 | 28,7 |

3.3 Fabricación del Partes.

3.3.1 Fabricación del Cuerpo Triturador.

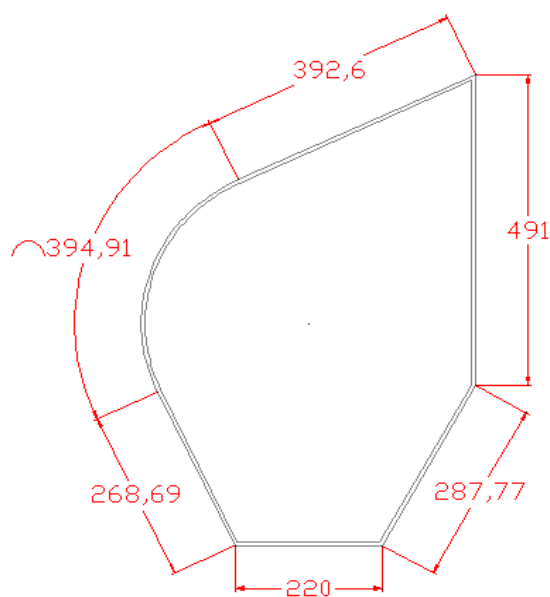
El cuerpo del triturador está conformado por cuatro piezas de plancha de 2 mm. de espesor (Tapa 1 y 2), estas tapas tienen una perforación para el eje del tambor triturador (taladro con copa de 1 $\frac{3}{4}$ "), como se muestra en la figura 3.1



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.1 DIMENSIONES TAPA 1 Y 2

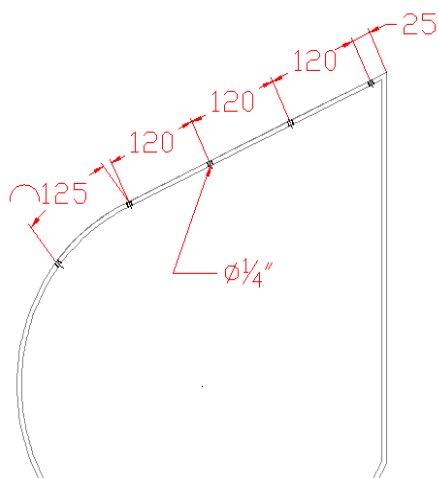
El cuerpo tiene platinas de 4 mm. de espesor y 25 mm. de ancho, que tienen la forma de las tapas 1 y 2 sirven para reforzar, se muestra en la figura 3.2.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.2. DIMENSIONES PLATINAS

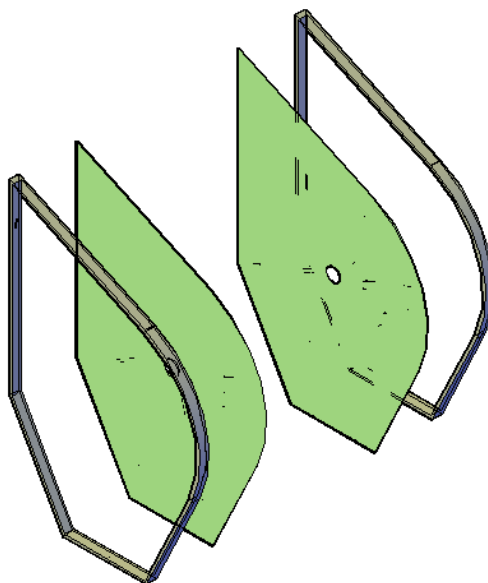
En la parte superior de las platinas se hacen 5 perforaciones (taladro broca 7/32", para pasar un machuelo hilo fino de 1/4"). Las distancias se muestran en la figura 3.3, luego se colocan pernos en hilo fino de acero 1/4" x 3/4" de largo, con anillos planos, presión y tuerca de 1/4" para asegurar la tapa de mantenimiento al cuerpo del equipo.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.3. DISTRIBUCIÓN PERFORACIONES.

En los filos de las tapas se sueldan platinas de 4 mm. de espesor y 25 mm. de ancho, como se muestra en la figura 3.4. Las tapas del cuerpo y las platinas están soldadas por medio de puntos internos con electrodos de $3/32''$ para acero inoxidable y se remató con equipo de soldar TIG para un mejor acabado.

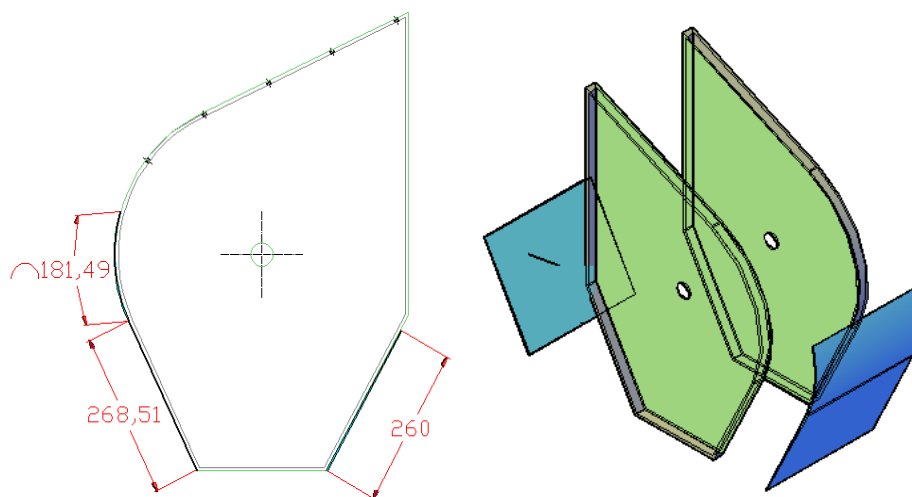


Fuente: Emerson Guerrero

**FIGURA 3.4. VISTA COLOCACIÓN PLATINAS EN TAPAS
DEL CUERPO.**

En la parte frontal y posterior de las tapas 1 y 2, se suelda dos planchas de 450 x 300 mm. y de 260 x 300 mm., plancha de 2 mm. de espesor. La plancha de 450 x 300 mm. está rolada una distancia de 181,49 mm. y un radio de 250 mm., para acoplarse a las platinas y a las tapas. Las planchas están soldadas en las platinas por medio de puntos con electrodos para acero inoxidable y se remató con equipo de soldar TIG., para un mejor acabado, se muestra en la Figura 3.5.

El acople de las platinas se muestra en la Figura 3.6 y en la Figura 3.7 el cuerpo terminado.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.5. VISTA LATERAL PLANCHAS, DIMENSIONES



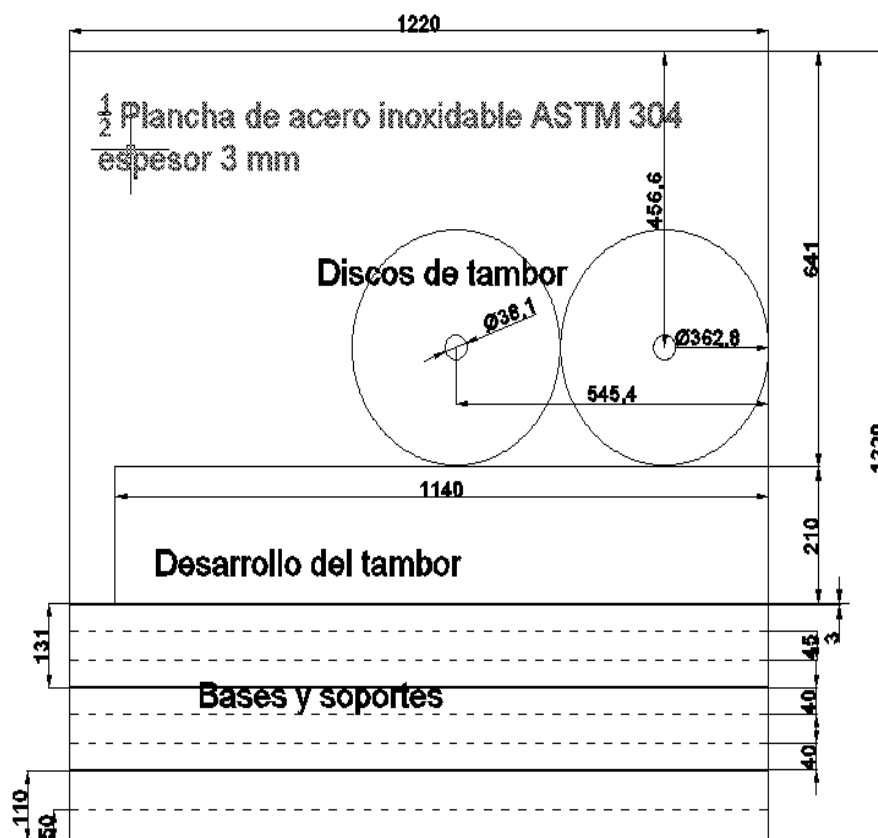
Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.6 CUERPO TRITURADOR ARMADO Y REMATADO.

3.3.2 Fabricación del Tambor Triturador

Fabricado con dos discos de 3 mm. de espesor y un \varnothing 362.8 mm., perforado en el centro (taladro con copa de 1 ½") para el paso del eje Figuras 3.7

También se rola una plancha de 1110 x 210 x 3 mm., para obtener un cilindro de diámetro interior de 364 +/- 5 mm. Figuras 4.9.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURAS 3.7 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANCHA



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURAS 3.8 DESARROLLO DEL CILINDRO

Los discos y la plancha rolada son soldadas totalmente en los filos de cada pieza con proceso de soldadura MIG. Se muestra en la figura 3.9



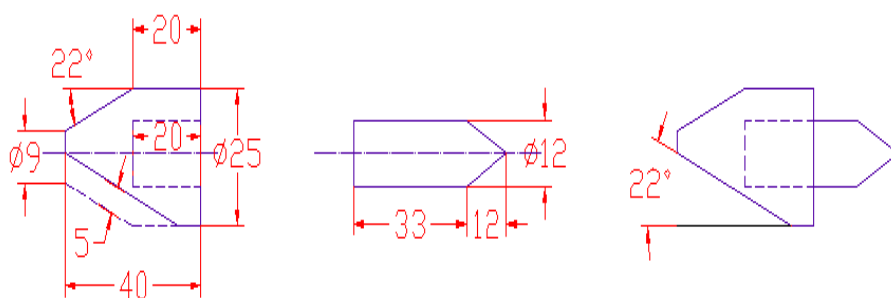
Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.9 TAMBOR TRITURADOR ARMADO Y REMATADO.

- CONSTRUCCIÓN DEL PORTACUCHILLAS

Se mecanisa 18 portacuchillas con las siguientes características;

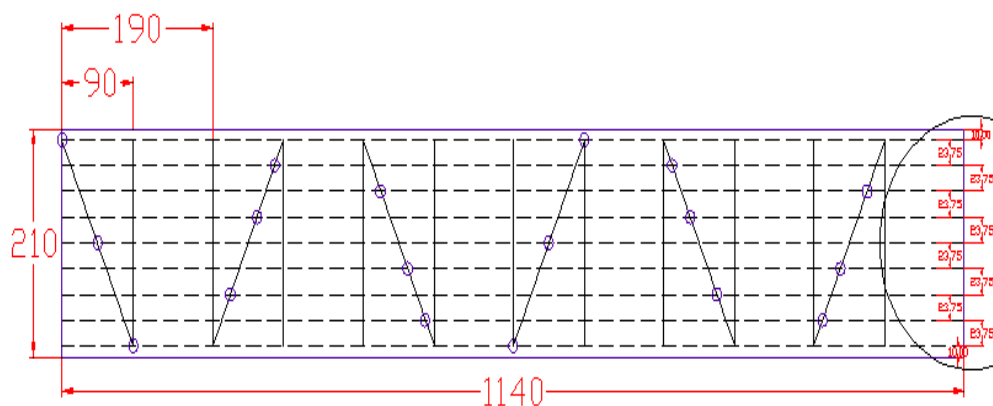
- Eje sólido de acero inoxidable AISI 304 L, con 25 mm. de diámetro, se corta 18 tramos de 44 mm. de largo, luego de refrentar por cada lado tiene una medida final de 40 mm. de largo.
- Se perfora en centro con una broca de 12 mm. de diámetro.
- Se realiza un cilindrado cónico a 22° hasta llegar a un diámetro de 9 mm.
- Se realiza un fresado plano a 22° hasta el centro (12.5 mm).



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.10 DIMENSIONES CUCHILLAS

Para colocar el porta cuchillas se utiliza la Figura 3.11 en la que se aprecia la distribución.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.11 DISTRIBUCIÓN Y RAYADO DEL PORTA CUCHILLAS

Luego se rayar en el tambor, se suelda tangencialmente el porta cuchillas al tambor triturador.

Luego se balancea el tambor triturador, para esto se lo monta en un banco de pruebas como se muestra en la Figura 3.12, se lo hace girar y si se observa desbalance se lo corrige en el lado diametralmente opuesto, con esto se evita vibraciones en el equipo.

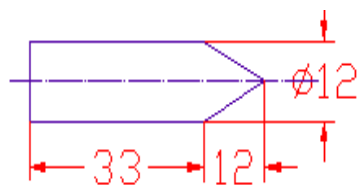


Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.12 PORTA CUCHILLAS, ACOPLADO Y SOLDADO

- CONSTRUCCIÓN DE LAS CUCHILLAS

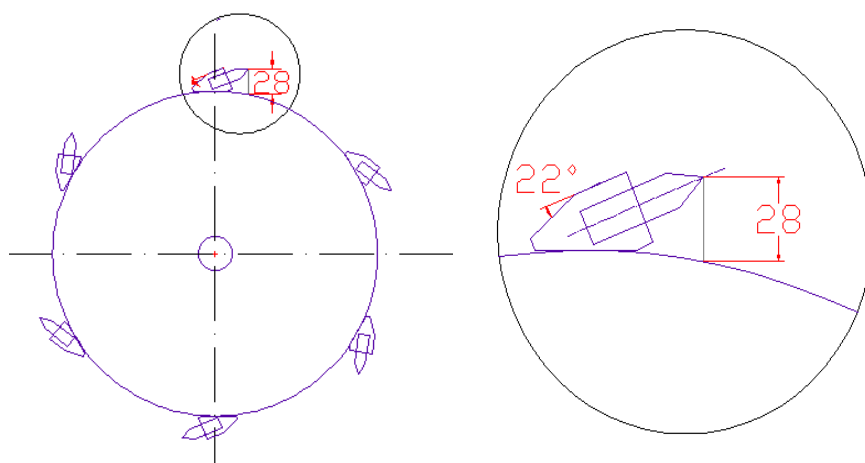
Para construir las cuchillas se usan ejes sólidos de Acero inoxidable AISI 304 y diámetro de 12 mm., se cortan 18 tramos de 46 mm. de largo. Luego es cortado y se proceda a sacarle punta cónica a 45° con una piedra de esmeril (desbaste), como se muestra en la Figura 3.13



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.13 CUCHILLA VISTA LATERAL

Luego son soldados al porta cuchillas con electrodos para acero inoxidable (ϕ 3/32 pg.). En la figura 3.15, se muestran las cuchillas con su inclinación final y su separación.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.14 CUCHILLAS VISTA LATERAL Y DETALLE DE POSICIÓN EN EL TAMBOR



Fuente: Emerson Guerrero

**FIGURA 3.15 TAMBOR TRITURADOR ARMADO Y
REMATADO**

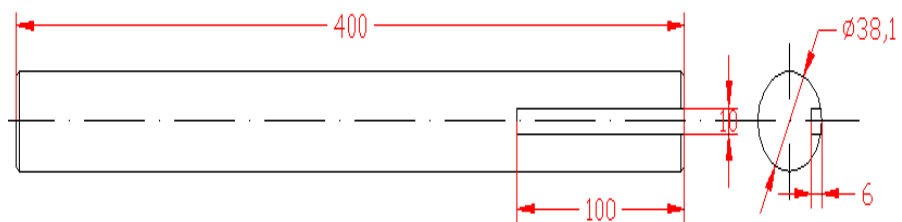
- CONSTRUCCION DE EJE.

Se mecaniza un eje sólido de acero inoxidable AISI 304 L con un diámetro de 38 mm. Con las siguientes características;

Se corta de 406 mm. de longitud.

Se refrenta por ambos lados y se hace chaflán, quedando de 400 mm.

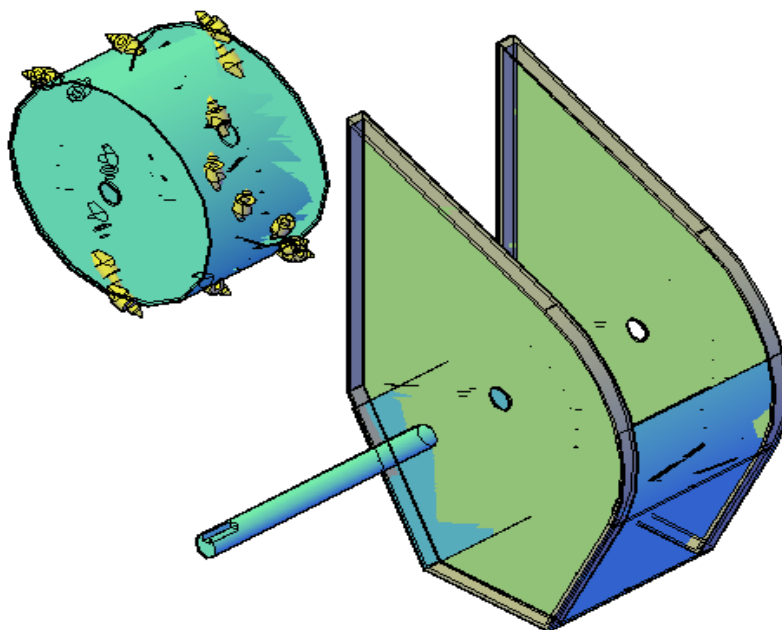
Se realiza un canal (chavetero) de longitud 50 mm., para colocar una chaveta de 10 x 10 mm. Ver Figura 3.16



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.16 DIMENSIONES EJE TAMBOR TRITURADOR

Para soldar el eje al tambor tritrador, primero se coloca el tambor en el cuerpo-carcasa, luego se pasa el eje entre el cuerpo y el tambor tritrador, como se ve en la figura 3.17

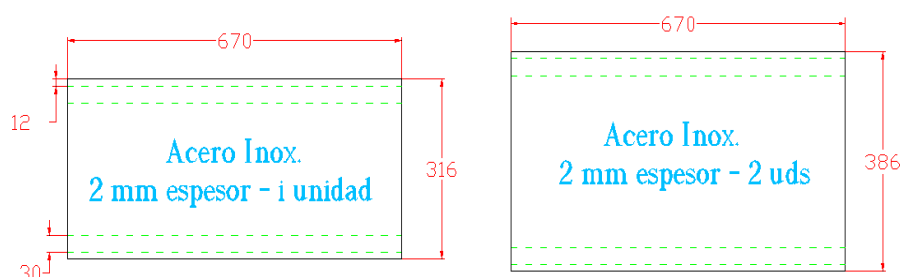


Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.17. MONTAJE DEL EJE AL TAMBOR TRITURADOR Y CUERPO.

3.3.3 Fabricación de la Bandeja de Entrada.

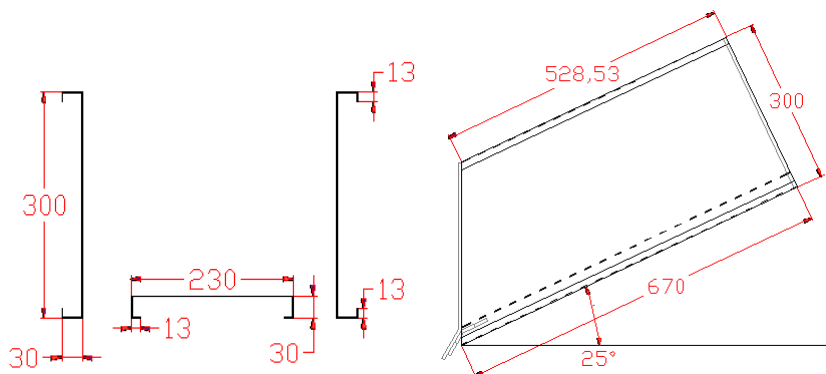
Fabricada con dos planchas de 670 x 386 mm. y una plancha 670 x 316 mm., con un espesor de 2 mm., además se raya (verde) en los filos a 13 y 43 mm., esto es para realizar flejes con se ve en la Figura 3.18



Fuente: Emerson Guerrero

**FIGURA 3.18 DIMENSIONES DE CORTE Y DOBLES
(VERDE)**

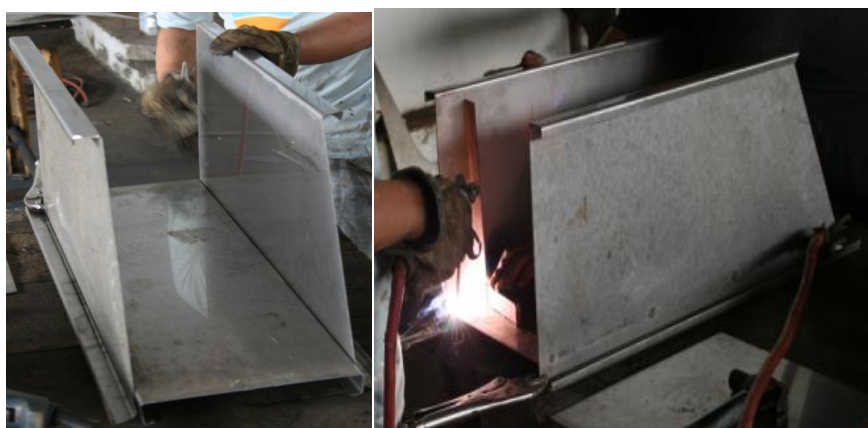
Las piezas están dobladas, de tal manera que se puede colocar platinas como refuerzo en la parte interna, las mismas están soldadas a la bandeja de entrada por medio de puntos (electrodo ϕ 3/32" para acero inoxidable) y es luego rematada con equipo de soldar TIG para un mejor acabado.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.19 VISTA FRONTAL DIMENSIONES DE PIEZAS PLEGADO.

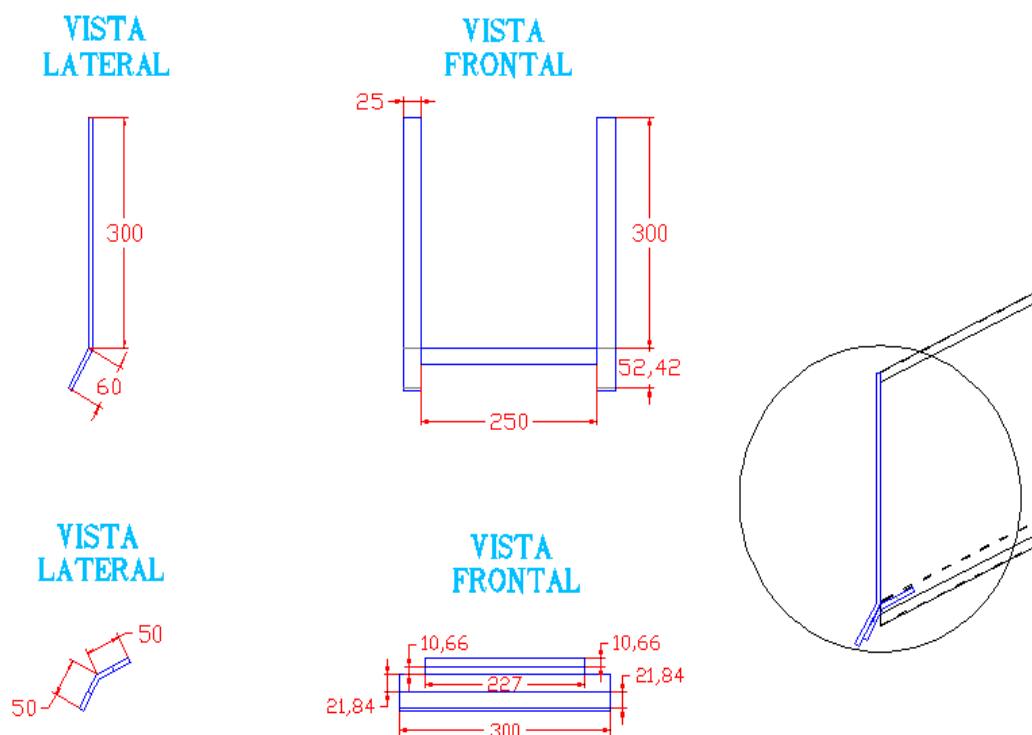
Las tres piezas son soldadas con arco eléctrico, realizando en la parte superior cordones cortos de 50 mm. separados 150 mm. y en la parte inferior en la mitad de los 150 mm. En la figura 3.20 se puede apreciar lo descrito.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.20 BANDEJA DE ENTRADA REMATE DE SOLDADURA

La bandeja de entrada tiene acopladas platinas de 25x4 mm. que están soldadas en la parte inicial y final de la bandeja. Estas platinas unen la bandeja y cuerpo del triturador.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.21 DIMENSIÓN Y FORMA DE LAS PLATINAS PARA ACOPLAR BANDEJA DE ENTRADA AL CUERPO.

Acontinuacion se observa (Fig. 3.22) el remate de las platinas a la bandejas con equipo se soldadura TIG y con arco eléctrico.

Además se puede observar las platianas que servirán como soporte para impactar al hielo.



Fuente: Emerson Guerrero

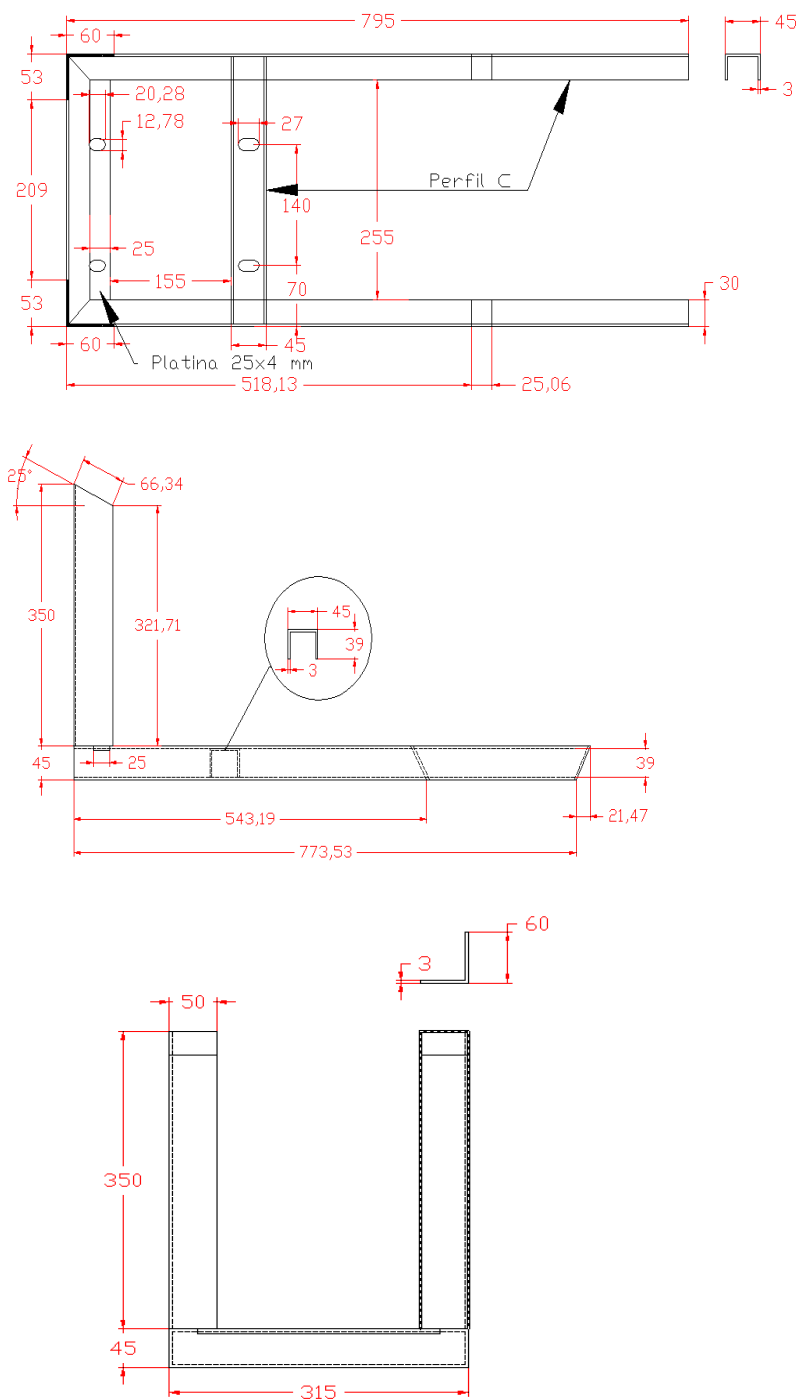
FIGURA 3.22 BANDEJA ENTRADA ACOPLADA AL CUERPO

3.3.4 Fabricación De Bases y Soportes.

Fabricación de base PRINCIPAL

La base sirve para soportar el cuerpo del triturador y se elabora en ACERO INOX. AISI 304, de 3 mm. de espesor.

La base está comprendida por lo siguientes; perfiles C (45x30x3) mm., ángulos de (53x60x3) mm. y una platina de 25x4mm. En la figura 3.23 se muestra los detalles de las formas y dimensiones para su construcción.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.23 DIMENSIONES BASE PRINCIPAL, VISTA SUPERIOR, VISTA LATERAL Y VISTA FRONTAL

La base está soldada al triturador por medio de soldadura de arco eléctrico y rematado con equipo MIG.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.24 BASE PRINCIPAL ACOPLADA AL CUERPO DEL TRITURADOR

Fabricación del soporte para el motor.

En la base principal se suelda un perfil C de 255 x 25 x 33 con 3 mm. de espesor y una platina para que sirva de soporte para el motor, además estos elementos tienen unos orificios (tipo ojo chipo) hechos con broca de $\varnothing 13$ mm. y equipo de corte plasma, el cual servirán para asegurar el motor usando pernos de $3/8'' \times 1 \frac{1}{2}''$ hilo fino, tuercas y anillos.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.25 MOTOR SOBRE SU SOPORTE

Fabricación de base secundaria soportes para chumaceras

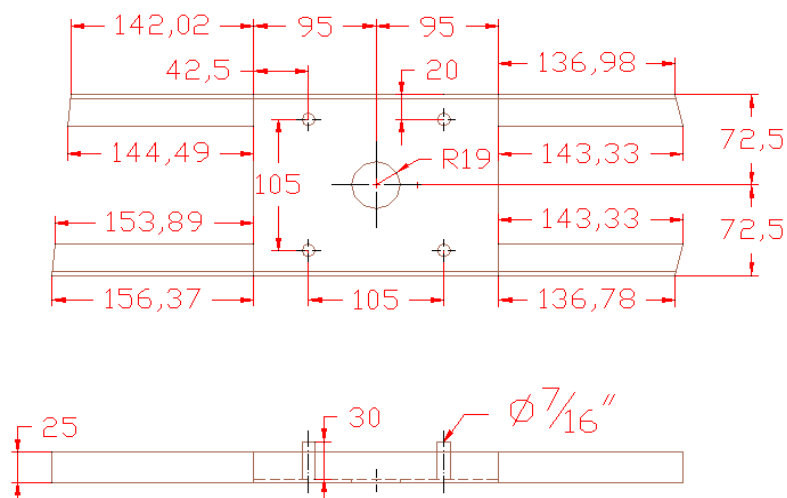
Una base secundaria se coloca en las TAPAS 1 y 2, que sirven para acoplar las chumaceras al cuerpo del triturador. Estas bases se elaboran con una pequeña plancha de 190 x 145 mm., que es doblada a 90°, además se hacen 4 perforaciones (broca de 1/2 pg.), para soldar los espárragos y una perforación para pase el eje del tambor triturador (copa 1 $\frac{3}{4}$ pg.).



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.26 BASE PARA CHUMACERA

Se suelda 4 espárragos de 3/8" de diámetro con 30 mm. de longitud, y 4 piezas en las esquinas de la base secundaria para ser soldados con el rigidizador (platinas) de las TAPAS 1 y 2. Los espárragos están soldados con electrodos para acero inoxidable de 3/32" y las bases secundarias están soldadas en las tapas como se muestra en la figura 3.27



Fuente: Emerson Guerrero

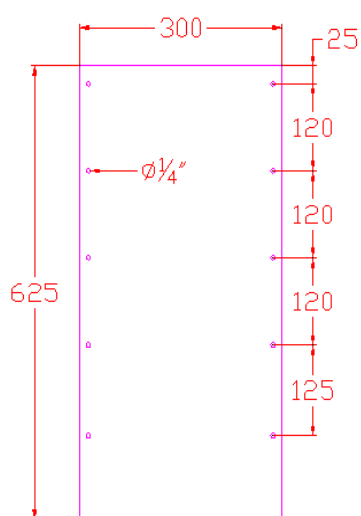
FIGURA 3.27 BASE DE CHUMACERA

3.3.5 Fabricación de la Tapa de Mantenimiento y Protector de Banda

Tapa de mantenimiento.

Son fabricadas con planchas de ACERO INOXISABLE AISI 304 de 2 mm. de espesor. La tapa de mantenimiento se

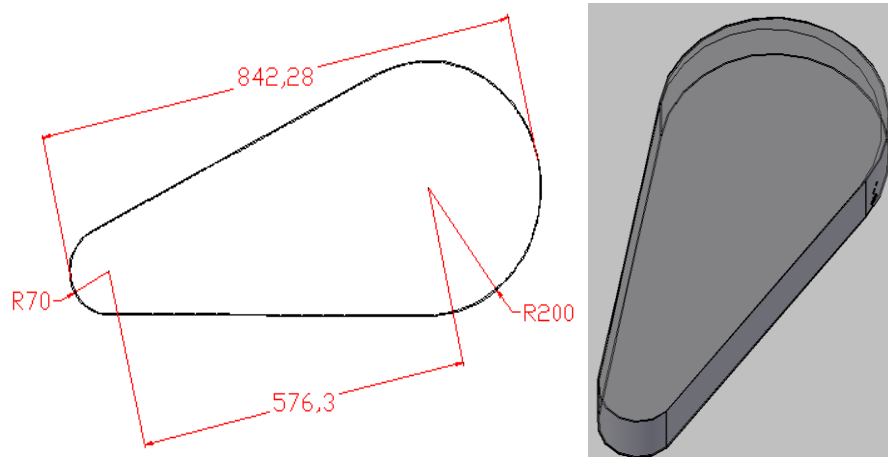
perfora con broca 1/4" (5 perforaciones por lado), para colorar 10 pernos de 1/4" x 3/4" hilo fino anillos planos, presión y tuerca, de esta manera se asegurar la tapa de mantenimiento al cuerpo del triturador.



Fuente: Emerson Guerrero
FIGURA 3.28 TAPA MANTENIMIENTO

Protector de polea.

El protector se construya en Acero Inoxidable AISI 304 y 2 mm. de espesor y se compone de fajin y una plancha con las dimensiones y formas que se muestra en la figura 3.29 es soldado con equipo de soldadura TIG.

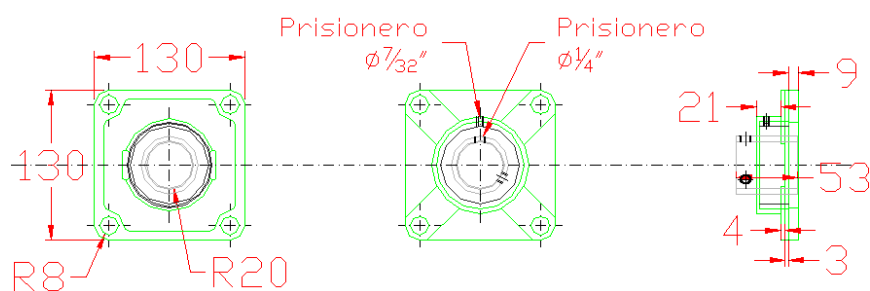


Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.29 TAPA DE POLEAS BANDAS

CHUMACERAS

Las chumaceras seleccionadas, tienen las dimensiones que muestra en la figura 3.30



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.30 DIMENSIONES DE CHUMACERA

Se montan al cuerpo del triturador por medio de los espárragos de las bases secundarias y sujetan al eje del tambor triturador por medio de 2 prisioneros. Se muestra en la figura 3.31.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.31 CHUMACERAS FIJADAS EN BASE SECUNDARIA

3.3.6 Mecanizado de Poleas.

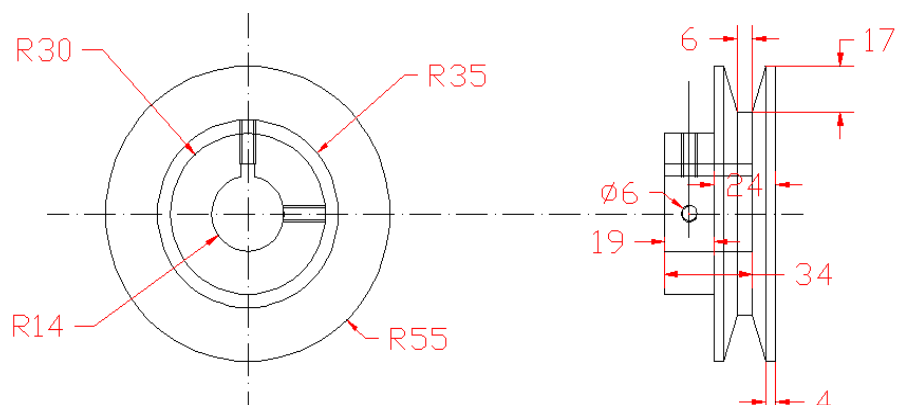
Las poleas, que fueron seleccionadas, conducida 406.4 mm. (16pg) y conductora 101.6mm. (4 pg.), son es compradas, pero vienen con agujeros a 1 pg. , por tanto es necesario mecanizarlas, con las siguientes características

Taladrada a 37 mm. de diámetro polea Conducida.

Taladrada a 28 mm. de diámetro polea Conducidora.

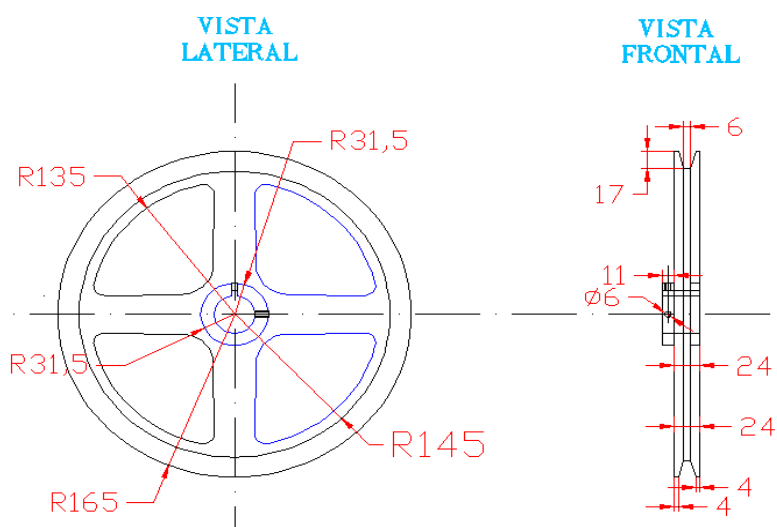
Mortajar, un canal pasante (chavetero) para colocar una cuña de 3/8 pg.

Perforar y machuelar para colocar un prisionero hilo fino de 6 mm.



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.32 DIMENSIONES POLEA DEL MOTOR



Fuente: Emerson Guerrero

FIGURA 3.33 POLEA DEL TAMBOR TRITURADO

3.4 Recomendaciones para el Mantenimiento del Equipo Triturador.

- Advertencia de seguridad

Antes de efectuar cualquier trabajo sobre el equipo, asegúrese que el equipo se encuentre desconectado y que no sea posible su reconexión.

- Inspección periódica

Se sugiere hacer una inspección periódica (cada mes). Durante esta inspección, se debe revisar la bandeja de entrada, cuchillas del tambor triturador (parte crítica del equipo), poleas, bandas, carcasa del equipo, pernos, prisioneros, tuercas, chumaceras, uniones de soldadura y bases, para comprobar el rendimiento y ver si hay cambio en el nivel de ruido o vibración.

- Mantenimiento del tambor triturador

El mantenimiento del tambor triturador consiste en revisar las cuchillas, las mismas que deberán tener filo y que no exista algún desprendimiento o rotura en la soldadura entre el tambor y porta cuchillas como el porta cuchillas y las cuchillas.

Si llegase a existir desprendimiento y rotura de la soldadura entre el tambor y porta cuchillas así como el porta cuchillas y las

cuchillas, sacar totalmente los materiales, pulirlos hasta que no existan brotes u obstrucción dejados por la soldadura. Proceder a soldar con el electrodo para acero de preferencia con $\varnothing 3/32"$, la punta de la cuchilla no deberá exceder de los 2.5 cm.

Si existe el caso, en que las cuchillas sufren rotura, se deberá reemplazar las cuchillas dañadas. De no tener filo la cuchilla se procederá a esmerilar hasta obtener el filo adecuado.

- **Mantenimiento del motor**

Es necesario realizar inspecciones periódicamente para verificar que no haya anomalías que puedan conducir a daños mayores. Los motores tienen rodamientos rígidos de bolas, en caso de sufrir daños reemplazar inmediatamente y para montar nuevos rodamientos, debe tenerse en cuenta su tipo y tamaño. Los rodamientos, se pueden montar a presión mediante dispositivos mecánicos o hidráulicos, o mediante calentamiento en seco.

En cada inspección debe limpiarse el polvo que se haya acumulado en la superficie externa del motor. Puede usarse para ellos aire seco a presión. Al efectuar el pedido de repuestos, indicar el tipo del motor y el número de fabricación.

- **Mantenimiento poleas, bandas y chumaceras**

El mantenimiento de las poleas consiste en revisar las chavetas y prisioneros. Las chavetas deberán estar en su lugar respectivo, los prisioneros deberán estar correctamente ajustados y si presentan roturas, deberá reemplazarse.

Utilizar periódicamente (semanalmente) y si es necesario se procederá a realizar el respectivo cambio de banda.

- **Mantenimiento del cuerpo del equipo**

Si existen roturas o desprendimiento en la soldadura, pulir la parte soldada hasta dejar sin fragmentos ni rugosidad y proceder nuevamente a soldar ya sea con, equipo MIG y TIG. Si el cuerpo presenta roturas se procederá a soldar y a esmerilar; si existen huecos en la carcasa se deberá reemplazar la parte dañada, el personal que realizará este trabajo deberá ser calificado y autorizado.

Si hay manchas de oxido se las debe quitar aplicando decapante, de manera uniforme y luego lavar con abundante agua.

3.5 Análisis de costos

En esta sección se hace una revisión detallada de las actividades contempladas para la construcción del equipo triturador.

El análisis de costo está relacionado con el cronograma de actividades.

A continuación se detalla el costo total por rubros como;

Costo de materiales. Se consideran a todos los materiales que forman parte del equipo.

Costos de mano de obra indirecta. Se considera costos de mano indirecta a todos los trabajos que no se realizan en taller.

Se usa un factor del 65% del costo de los materiales, para estimar la Mano de obra y la Dirección técnica, esto corresponden a todos los costos destinados a pagar los servicios de las personas que trabajan en la obra ejemplo; al Ingeniero diseñador & Constructor, esmerilador, armador y soldador. También se contemplan los Imprevistos con 5 %, debido alza del costo de materiales y un 8 % de utilidades.

TABLA 9
COSTOS DE MATERIAL

| Cant. | Unid. | DESCRIPCION | COSTOS |
|--------------|--------------|---|---------------|
| 1/2 | Unid | Plancha en acero inoxidable AISI 304 L de 3 mm de espesor | \$ 324,00 |
| 1 | Unid | Plancha en acero inoxidable AISI 304 L de 2 mm de espesor | \$ 441,60 |
| 2 | Unid | Platina de acero inoxidable AISI 304 L de 25 x 4 mm (Long. 6 m) | \$ 85,00 |
| 1/2 | m | Eje solido de acero inoxidable 304 L Ø 1½ pg. y Long. 450 mm | \$ 157,00 |
| 1 | m | Eje solido de acero inoxidable 304 L Ø 25 mm. y Long. 800 mm | \$ 135,00 |
| 1 | m | Eje solido de acero inoxidable 304 L Ø 12 mm. y Long. 900mm | \$ 35,00 |
| 2 | Unid | Cuñas para eje-motor y eje-triturador 3/8x1/8x2 | \$ 8,00 |
| 10 | Unid | Pernos de 1/4 x 3/4 pg. (hilo fino), anillos plano, de presión y tuercas, todo en acero inoxidable 304 L. | \$ 6,62 |
| 8 | Unid | Pernos de 3/8 x 1¼ pg. (hilo fino), anillos planos, de presión y tuercas, todo en acero inoxidable 304 L. | \$ 8,60 |
| 4 | Unid | Pernos de 3/8 x 1½ pg. hilo fino, tuercas, anillos planos y de presión, todo en acero inoxidable 304 L. | \$ 5,80 |
| 2 | Unid | Tornillos-prisioneros de 1/4 x 1/4 pg. | \$ 0,90 |
| 2 | Unid | Tornillos-prisioneros de 3/8 x 1/4 pg. | \$ 1,20 |
| 1 | Unid | Polea de hierro 4 pg. | \$ 58,00 |
| 2 | Unid | Polea de hierro 16 pg. | \$ 114,00 |
| 1 | Unid | Banda B 70 | \$ 12,00 |
| 3 | Unid | Discos de zirconio 4 pg. | \$ 4,75 |
| 1 | Kg. | Soldadura Ø 3/32 pg. para acero inoxidable | \$ 21,00 |
| 2 | Unid | varillas de tungsteno | \$ 25.60 |
| 2 | Unid | Discos de esmeril desbaste Ø 7 pg. | \$ 9,50 |
| 4 | Unid | Discos de esmeril desbaste x 4 pg. | \$ 7,60 |

| | | | |
|--------------|------|---|-------------|
| 2 | Unid | Discos de esmeril, corte Ø 7 pg. y espesor=1/8 pg. | \$ 5,50 |
| 4 | Unid | Discos de esmeril, corte Ø 4 pg. y espesor=1/8 pg. | \$ 7,20 |
| 1 | Unid | Acido para decapar las manchas de la soldadura. | \$ 26,56 |
| 2 | Unid | Chumaceras F 208 | \$ 23,70 |
| 1 | Unid | Motor eléctrico SIEMENS modelo 1LA7 112-4YA60, trifásico -5 hp, 220/440 Voltios, 15.8/7.9 Amperios y 1740 RPM | \$ 425,00 |
| 2 | Unid | Pulsador de parada | \$ 4,30 |
| 1 | Unid | Pulsador de arranque | \$ 5,90 |
| 2 | Unid | Contactador Siemens 3 TF40 | \$ 12,00 |
| 1 | Unid | Térmico Siemens 3UA50 | \$ 16,00 |
| 1 | Unid | Breaker 40 amperios, 3 Ø | \$ 15,00 |
| 2 | Unid | Tubos para electricidad 1/2 pg. | \$ 7,80 |
| 1 | Kit | 5 codos a 90°, 2 T, 4 uniones, en Ø 1/2 pg. y galvanizado | \$ 11,50 |
| 4 | m | Cable 3 x 12 | \$ 5,56 |
| 2 | Unid | Brocas para acero inoxidable de Ø 1/2 pg. | \$ 25,76 |
| 2 | Unid | Brocas para acero inoxidable de Ø 5/16 pg. | \$ 5,68 |
| 2 | Unid | Copas para acero inoxidable de Ø 1 1/2 pg. | \$ 21,80 |
| 1 | Unid | Copas para acero inoxidable de Ø 1 3/4 pg. | \$ 12,50 |
| TOTAL | | | \$ 2.060,13 |

TABLA 10
COSTOS DE MANO DE OBRA INDIRECTA

| CANT | UNID | DESCRIPCION | COSTOS |
|-------------|-------------|---|------------------|
| 18 | unidad | Mecanizado de porta cuchillas (refrentado, cilindrado, perforados y fresado) | \$ 160,00 |
| 1 | unidad | Mecanizado del eje para el tambor triturador (refrentado, cilindrado y fresado) | \$ 55,00 |
| 1 | unidad | Mecanizado de polea conductora y conducida 4 y16 pg. | \$ 60,00 |
| | % | de utilización de equipo de soldadura MIG | \$ 90,00 |
| | % | de equipo de soldadura TIG | \$ 145,00 |
| 1 | | Transportación de materiales | \$ 240,00 |
| | | TOTAL | \$ 750.00 |

RESUMEN DE COSTOS PARA LA CONSTRUCCION DE EQUIPO

El costo total para construir el equipo triturador en acero inoxidable se resume en la siguiente Tabla;

TABLA 11
RESUMEN DE RUBROS

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Costo de material empleado | \$ 2060,13 |
| Costo de mano de obra indirecta | \$ 750,00 |
| Mano de obra (% 65) | \$ 1.826,58 |
| SUB-TOTAL | \$ 4,636.71 |
| I.V.A (12 %) | \$ 556.41 |
| TOTAL | \$ 5,193.11 |

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Una vez realizado este proyecto, se concluye que se alcanzó el objetivo propuesto al inicio, que es el diseño y la construcción local del equipo triturador de hielo, debido a que es un proyecto perfectamente factible y ejecutable en el país, gracias a que se cuenta con los materiales, equipos y mano de obra capacitada.

Además que el diseño y construcción del equipo triturador ayuda a desarrollar el área de la construcción de maquinaria en el país, produciendo un efecto multiplicativo al fomentar la apertura de nuevas oportunidades de trabajo y evitando de esta forma la importación y consecuente salida de divisas del país.

Después de realizar las pruebas con el equipo en funcionamiento se confirmó que se cumplió y se rebaso la capacidad de trituración requerida (25 Ton/H).

La potencia seleccionada para el motor es la correcta, pues se comprobó con el equipo en funcionamiento obteniéndose una demanda corriente de 12 a 12.7 Amperios, cuando el motor requiere un máximo 15.8 Amperios.

Se obtuvo tamaño de trozo con gran regularidad y están alrededor de los 4 a 8 cm³.

El equipo es de fácil transportación y de sencilla instalación, por tanto es factible de usarlo en cualquier lugar donde se lo requiera.

En el análisis de costos se llega a estimar, que el costo total para construir el equipo localmente es de \$5,193.11, que al ser comparado con equipos importados de similares condiciones que tiene un costo de \$7.225, representa un ahorro de 39%. Por lo tanto el equipo es competitivo frente al mercado internacional.

Debido al corto tiempo de fabricación y poca utilización de la material (plancha), es que se sugiere la fabricación en serie.

RECOMENDACIONES

- Asegurarse que antes de efectuar cualquier inspección sobre el equipo, el motor se encuentre desconectado y que no sea posible su reconexión, dado que su accionamiento puede causar accidentes graves.
- Se sugiere hacer una inspección periódica cada mes, a; la bandeja de entrada, carcasa, (fisuras), poleas, bandas, prisioneros, tuercas, chumaceras, uniones de soldadura, ruido o vibración. Para el tambor triturador se debe revisarlo semanalmente teniendo en cuenta; las filos y fisuras en la uniones del porta-cuchillas y cuchillas, en el caso de haberlas se debe cambiar de cuchillas.
- Dar a conocer estos equipos al medio artesanal de la pesca, para que mejoren su calidad de hielo triturado.
- Revisar periódicamente que los sellos de los rodamientos se encuentren en buen estado e impidan el ingreso de agua a su interior.
- La tapa de mantenimiento para el tambor triturador debe estar siempre cerrada, y solo retirada cuando se realicen trabajos de mantenimiento.
- Si se realizara algún trabajo en el tambor triturador, este debe ser balaceado.