

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICADORA DE HIELO CON CAPACIDAD DE 6000 kg/h PARA UTILIZAR EN LA PESCA ARTESANAL**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**SANDRA JEANNETH CHICAIZA CAÑAR**

**san\_jea@hotmail.com**

**ORLANDO JAVIER CHUNGANDRO NACAZA**

**javi-to24@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. JAIME VARGAS.**

**jaime.vargas@epn.edu.ec**

**Quito, Noviembre 2008**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Sandra Jeanneth Chicaiza Cañar y Orlando Javier Chungandro Nacaza declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Sandra Chicaiza Cañar

---

Orlando Chungandro Nacaza

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Sandra Jeanneth Chicaiza Cañar y Orlando Javier Chungandro Nacaza bajo nuestra supervisión.

---

**Ing. Jaime Vargas.**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Ing. Jorge Escobar**  
**COLABORADOR**

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Jaime Vargas por su dirección, asesoría y dedicación constante para la elaboración del presente proyecto. A todos los maestros de nuestra querida facultad que saben inculcar en cada uno de los estudiantes el esfuerzo y empeño para lograr los objetivos profesionales y personales.

A todos mis compañeros que hicieron agradable el transcurso de los niveles y compartieron sus conocimientos conmigo en especial a Paúl Fernández y William Guayasamín por su valiosa contribución en este trabajo.

Al personal docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería Mecánica por su paciencia e interés para con la comunidad guaypera.

ORLANDO JAVIER

Doy gracias a Dios por darme la sabiduría y paciencia para desarrollar este trabajo.

A mi director de tesis al Ing. Jaime Vargas por su acertada dirección y ayuda.

Al padre de mi hija, Paúl Fernández, por su amistad, comprensión y ayuda incondicional brindada.

A mis compañeros de trabajo Elizabeth, Patricio, Esteban y Santiago por su amistad y comprensión.

Y a todas las personas que aportaron con ideas para que se pueda desarrollar este proyecto.

SANDRA JEANNETH

## DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación lo dedico primeramente a Dios por ser mi confidente y amigo.

A mi madre y padre a la vez Rosita Nacaza que camina conmigo en todos los proyectos y ambiciones de mi vida.

A mis hermanos; Doris, Tito, Liz, Cléber, Henry y Jhonny por su comprensión apoyo y confianza.

ORLANDO JAVIER

El siguiente trabajo que se presenta lo dedico a mi hija Paula que con su sonrisa me ayudó en los momentos difíciles.

A mis Padres Luis Chicaiza y María Cañar por darme la herencia más valiosa que es la educación, por el apoyo y consejos entregados a lo largo de estos años; y en especial mi mami por la ayuda incondicional y el cariño dado.

A mis hermanas Verónica y Daniela por la amistad y ayuda brindada.

SANDRA JEANNETH



CAPITULO II .....	28
2.1 LA PICADORA DE HIELO .....	28
2.2.1 FUNCIONAMIENTO DE LA PICADORA DE HIELO. ....	28
2.2.2 REDUCCIÓN DE TAMAÑO.....	29
2.2.2.1 Fuerzas utilizadas en la reducción de tamaño. ....	30
2.2.2.2 Variables que intervienen en la reducción de tamaño.....	31
2.2.2.3 Clasificación de máquinas de reducción de tamaño. ....	32
CAPÍTULO III .....	33
ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	33
3.1 INTRODUCCIÓN .....	33
3.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	33
3.1.2 ESTUDIO DE MERCADO .....	33
3.1.3 ENCUESTAS REALIZADAS .....	34
3.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES .....	38
3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO .....	38
3.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS Y CRITERIO DE PONDERACIÓN.....	39
3.4.1 ASPECTO ECONÓMICO .....	39
3.4.2 FACILIDAD DE MONTAJE Y DESMONTAJE .....	39
3.4.3 FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.....	39
3.4.4 FACILIDAD DE OPERACIÓN.....	40
3.4.5 PRODUCTO TERMINADO.....	40
3.4.6 MANTENIMIENTO.....	40
3.4.7 VERSATILIDAD.....	40
3.5 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....	41
3.5.1 ALTERNATIVA A: ALIMENTACIÓN POR TOLVA.....	41
3.5.1.1 Ventajas .....	41
3.5.1.2 Desventajas .....	41
3.5.2 ALTERNATIVA B: ALIMENTACIÓN VÍA CANAL .....	42
3.5.2.1 Ventajas .....	43
3.5.2.2 Desventajas .....	44
3.6 SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	44

3.7 PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	45
CAPITULO IV .....	48
DISEÑO DE LA PICADORA DE HIELO .....	48
4.1 ESTUDIO PARA DETERMINAR LA FUERZA QUE SE REQUIERE PARA PICAR EL HIELO.....	48
4.1.1 DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE CORTE.....	50
4.2 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA QUE SE REQUIERE. ....	52
4.3 DETERMINACIÓN DEL TORQUE .....	55
4.3 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA. ....	56
4.3.1 DISEÑO DEL CILINDRO.....	56
4.3.1.1 Diseño Estático. ....	56
4.3.2 DISEÑO DE LA CUCHILLA.....	62
4.3.2.1 Diseño Estático .....	62
4.3.3 DISEÑO DEL EJE .....	63
4.3.3.1 Diseño del Eje (Estático).....	63
4.3.3.2 Diseño del eje (Fatiga) .....	69
4.3.4 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS .....	70
4.3.5 DISEÑO DE LA LENGÜETA .....	72
4.3.6 DISEÑO DE LAS JUNTAS SOLDADAS.....	74
4.3.6.1 Diseño estático de las juntas soldadas entre el eje motriz y el cilindro porta cuchillas. ....	74
4.3.6.2 Diseño Dinámico de las Juntas soldadas entre Eje Motriz y el cilindro porta cuchillas. ....	77
4.3.7 SELECCIÓN DE PERNOS PARA EL ACOUPLE EJE MOTRIZ Y MOTOR.....	79
4.3.7.1 Diseño a Corte. ....	79
4.3.8 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE .....	80
4.3.8.1 Geometría de la estructura.....	80
4.3.8.2 Cargas que actúan en la estructura soporte .....	81
CAPITULO V .....	84
CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y ANÁLISIS DE COSTO .....	84
5.1 GENERALIDADES.....	84

5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....	84
5.2.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	85
5.2.2 HOJA DE PROCESOS.....	86
5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	95
5.3.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.....	95
5.3.1.1 Materiales Directos .....	95
5.3.1.2 Elementos Directos.....	96
5.3.1.3 Costos de Maquinado .....	97
5.3.1.4 Costos de Montaje .....	98
5.3.1.5 Costo Directo Total.....	98
5.3.2 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.....	99
5.3.2.1 Materiales Indirectos.....	99
5.3.2.2 Costo de Ingeniería.....	100
5.3.2.3 Gastos Indirectos.....	100
5.3.2.4 Costo Indirecto Total.....	100
5.3.3 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.....	101
CAPITULO VI.....	102
PRUEBAS DE CAMPO.....	102
6.1 DATOS OBTENIDOS.....	102
6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	104
CAPITULO VII.....	105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
7.1 CONCLUSIONES.....	105
7.2 RECOMENDACIONES.....	107
CAPITULO VIII.....	108
BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Propiedades del hielo.....	4
Tabla 1.2. Estructuras del hielo.....	6
Tabla 1.3. Ventajas e inconvenientes del enfriamiento y la congelación.....	24
Tabla 3.1 Valoración de las alternativas de diseño. ....	44
Tabla 3.2 Pruebas a realizarse.....	46
Tabla 4.1 Dimensiones de las probetas. ....	49
Tabla 4.2. Fuerza obtenida en el ensayo de compresión.....	50
Tabla 4.3 Valores del factor de seguridad $n$ .....	61
Tabla 5.1. Costos de materiales directos. ....	95
Tabla 5.2 Costos de elementos directos. ....	96
Tabla 5.3. Costos de mano de obra en máquinas-herramientas.....	98
Tabla 5.4 Costo directo total.....	99
Tabla 5.5 Costos de materiales indirectos. ....	99
Tabla 5.6 Costo indirecto total.....	100
Tabla 5.7 Costo total de la máquina picadora de hielo.....	101
Tabla 6.1 Protocolo de Pruebas .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Cristales de hielo, estudiados por Wilson Bentley en 1902.....	5
Figura 1.2. Diagrama de fase del hielo.....	7
Figura 1.3. Diagrama de fase agua-sal a presión atmosférica .....	9
Figura 1.4. Relación entre el grosor del hielo producido y el tiempo de congelación. ....	14
Figura 1.5. Fábrica de bloques de hielo. ....	15
Figura.1.6 Máquina de hielo de tipo "Coldisc" .....	17
Figura. 1.7. Fábrica de hielo fundente.....	20
Figura 1.8. Máquina de hacer hielo en tubos .....	21
Figura 1.9. Comparación de los perfiles de temperatura.....	27
Figura 2.1. Picadora de hielo.....	29
Figura 2.2. Reducción de Tamaño, ruptura, y equipos.....	30
Figura 2.2. Fuerzas utilizadas en la reducción de tamaño. ....	31
Figura 3.1. Porcentaje pregunta 1.....	34
Figura 3.2. Porcentaje pregunta 2.....	35
Figura 3.3. Porcentaje pregunta 3.....	36
Figura 3.4. Porcentaje pregunta 4.....	37
Figura 3.5. Porcentaje pregunta 5.....	37
Figura 3.6. Esquema de la picadora de hielo de alimentación por tolva. ....	42
Figura 3.7. Esquema de la picadora de hielo de alimentación vía canal.....	43
Figura 4.1. Probetas de hielo. ....	48
Figura 4.2. Probetas colocadas en la Máquina Universal. ....	49
Figura 4.3. Rotura de la probeta de hielo. ....	50
Figura 4.4. Disposición de las cuchillas.....	52
Figura 4.5. Dimensiones de la cuchilla.....	54
Figura 4.6. Fuerzas que actúan en el cilindro.....	57
Figura 4.7. Figura del análisis aplicando la teoría de la Energía de Distorsión. ....	58
Figura 4.8. Longitud de arco que contiene al bloque de hielo. ....	61
Figura 4.9. Fuerzas que actúan en la cuchilla.....	62
Figura 4.10. Diagrama de cuerpo libre del eje.....	64
Figura 4.11. Fuerzas que actúan en el eje en el plano Y – X.....	65
Figura 4.12. Fuerzas que actúan en el eje en el plano Z – X.....	65

Figura 4.13. Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje en el plano Y – Z.....	67
Figura 4.14. Relación esfuerzo – tiempo.....	68
Figura 4.15. Fuerzas que actúan sobre la lengüeta. ....	72
Figura 4.16. Cargas que actúan sobre la soldadura.....	75
Figura 4.17. Fuerzas que soportan los pernos. ....	79
Figura 4.18. Estructura soporte. ....	81
Figura 4.19. Cargas aplicadas a la estructura soporte. ....	82
Figura 5.1. Verificación de medidas. ....	97

## SIMBOLOGÍA UTILIZADA

$A$  = área [ $m^2$ ]

$A_t$  = área transversal. [ $m^2$ ]

$C$  = Capacidad de carga dinámica. [N]

$D$  = diámetro [m]

$d$  = diámetro nominal del perno. [m]

$d_e$  = Diámetro equivalente. [m]

$D_{ext}$  = diámetro exterior. [m]

$D_{int}$  = diámetro interior. [m]

$E$  = módulo de elasticidad. [MPa]

$F$  = fuerza. [N]

$F_c$  = fuerza de corte. [N]

$F_p$  = precarga del perno debido al apriete. [kip]

$h$  = altura [m]

$J_u$  = momento polar de área unitario. [ $m^3$ ]

$J$  = momento polar de área del grupo de juntas. [ $m^4$ ]

$K_a$  = factor de superficie

$K_b$  = factor de tamaño.

$K_c$  = factor de confiabilidad.

$K_d$  = factor de temperatura.

$K_e$  = factor de concentración de esfuerzos.

$K_t$  = factor teórico de concentración de esfuerzos.

$K_b$  = constante de rigidez del perno. [lb/pulg]

$K_m$  = constante de rigidez de los elementos. [lb/pulg]

$L$  = agarre. [m]

$L_{10}$  = Duración nominal en horas de servicio[h]

$L$  = longitud del eje. [m]

$l$  = longitud de la lengüeta. [m]

$M$  = momento flector [Nm]

$n$  = velocidad de rotación. [rpm]

$n$  = factor de seguridad.

$N_d$  = número de dientes.

$N$  = número de pernos.

$P$  = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento. [N]

$p$  = Exponente de la fórmula de duración.

$P_c$  = potencia de corte. [hp]

$P_n$  = potencia nominal. [hp]

$P$  = carga externa total que soporta los pernos. [N]

$q$  = sensibilidad a las ranuras.

$Q$  = carga distribuida. [N]

$R$  = reacciones. [N]

$r$  = radio. [m]

$s$  = longitud de arco. [m]

$S_p$  = resistencia a prueba. [MPa]

$S_y$  = resistencia a la fluencia. [MPa]

$S_B, S_A$  = resistencias. [MPa]

$S_e$  = límite a la fatiga. [MPa]

$S_e'$  = límite de fatiga por viga rotatoria. [MPa]

$S_{ut}$  = límite último a la tracción. [MPa]

$T$  = torque. [Nm]

$\tau$  = esfuerzo de corte. [N/m<sup>2</sup>]

$V_c$  = velocidad de corte. [m/min]

$\nu_t$  = esfuerzo de tracción. [N/m<sup>2</sup>]

$\nu_c$  = esfuerzo de compresión. [N/m<sup>2</sup>]

$\nu$  = esfuerzo normal. [N/m<sup>2</sup>]

$\omega$  = velocidad angular. [rad/s]

$W$  = peso. [N]

$w$  = ancho. [m]

## RESUMEN

El siguiente proyecto tiene como propósito el diseño y construcción de una máquina picadora de hielo que satisfaga los requerimientos de los pescadores artesanales.

Inicialmente 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 constitutivos de la máquina.

Para obtener la alternativa de solución que cumpla con los requisitos especificados se plantea 3 casos en los cuales se realiza un análisis orientado a la 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 la máquina Picadora de Hielo.

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

Para todos los elementos que se van a fabricar se muestra hojas de procesos facilitando de esta manera la construcción de las partes constitutivas de la máquina.

Al final se presenta documentación que facilita el entendimiento, procedimiento y selección de los componentes, accesorios; además incluye planos de conjunto, y de taller de la máquina Picadora de Hielo.

## **PRESENTACIÓN**

La pesca artesanal es una de las principales fuentes de trabajo y aportación económica de la zona costera del Ecuador.

Los pescadores artesanales requieren de hielo picado para el almacenamiento y/o transportación de sus productos para que llegue su captura en buen estado a los mercados locales donde son comercializados; actualmente en el mercado ecuatoriano no existen registradas máquinas picadoras de hielo.

El buen estado de los productos capturados deja una buena ganancia económica para el pescador; por lo que es necesario contar con una máquina que proporcione el hielo picado y que sea económicamente accesible y de fácil operación para el pescador artesanal.

El presente proyecto está encaminado a diseñar y construir una máquina que sea de fácil adquisición para los pescadores artesanales.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El Ecuador es un país cuya principal fuente de ingresos económicos es el petróleo; pero la actividad pesquera también aporta a la economía del país, la mayoría de la gente del litoral se dedica a la pesca artesanal; de ahí que es necesario apoyar a este sector pesquero artesanal para que su producto se mantenga fresco durante más tiempo.

Todas las especies de pescados si se enfrían debidamente se mantienen fresco durante más tiempo que los que no se someten a ningún método de conservación. Por consiguiente, el uso de hielo, posibilita un aumento efectivo de la duración de las salidas de pesca y permite aumentar las capturas, lo que beneficia económicamente a las personas que se dedican a esta actividad.

Los productos que lleguen al mercado en buenas condiciones de conservación alcanzan generalmente precios más altos, tanto en el comercio mayorista como minorista, y generan un mayor rendimiento económico de la actividad pesquera. Es por eso que se hace necesario facilitar hielo picado que este económicamente accesible al sector pesquero artesanal.

### **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar y construir una picadora de hielo con capacidad de 6000 Kg/h para ser utilizada en el sector artesanal pesquero.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Realizar un estudio de los fundamentos teóricos acerca del diseño de elementos mecánicos y del proceso de picado de hielo.
- Aplicar los conocimientos teóricos y prácticos de la Ingeniería Mecánica respecto al diseño de máquinas y selección de materiales.
- Construir una máquina de gran capacidad.
- Realizar el montaje y las pruebas de campo del prototipo construido.
- Hacer del proyecto una inversión rentable.

### **1.3 ALCANCES**

- Recopilación de información necesaria para realizar el mencionado proyecto.
- Organización de la información obtenida.
- Planteamiento análisis de Alternativas.
- Selección de la Alternativa de solución.
- Diseño de los elementos constitutivos de la máquina.
- Elaboración de Planos y Hojas de Procesos.
- Protocolo de Pruebas
- Análisis y valoración de costos para la construcción de la máquina.
- Pruebas de campo.
- Conclusiones y Recomendaciones.

### **1.4 EL HIELO**

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.

### 1.4.1 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.
- Su punto de fusión es de 0°C.
- A 0 °C tiene una densidad relativa de 0,9168 comparada con la densidad 0,9998 g/cm<sup>3</sup> 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 alótropos (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 alótropos 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<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://www.fao.org/docrer/003/T0713S/T0713S00.HTM>.

En la tabla 1.1 se describe las propiedades del hielo; como son densidad, calor específico, calor latente de fusión, punto de fusión de los tipos de hielo que se fabrican, conductividad térmica.

**Tabla 1.1.** Propiedades del hielo<sup>2</sup>.

Propiedades	Unidades métricas	Observaciones
Densidad		
Hielo de agua dulce	0,92 kg/l <sub>3</sub>	A 0°C
Hielo de agua de mar	0,92 t/m	
	0,86–0,92 t/m <sup>3</sup>	Depende de la salinidad y de la cantidad de aire atrapada.
Calor específico:		Para calcular la cantidad de hielo que se ha de emplear con el pescado es suficientemente exacto un valor de 0,5. El calor específico del hielo de agua de mar puede ser mucho mayor cerca del punto de fusión.
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, porque el contenido salino rara vez es uniforme en todo el hielo, de 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 tubos	1,6–2,0	
Hielo en placas	1,7–1,8	

Fuente: Internet

Elaborado por: CHICAIZA-CHUNGANDRO

<sup>2</sup> <http://www.fao.org/docrer/003/T0713S/T0713S00.HTM>.

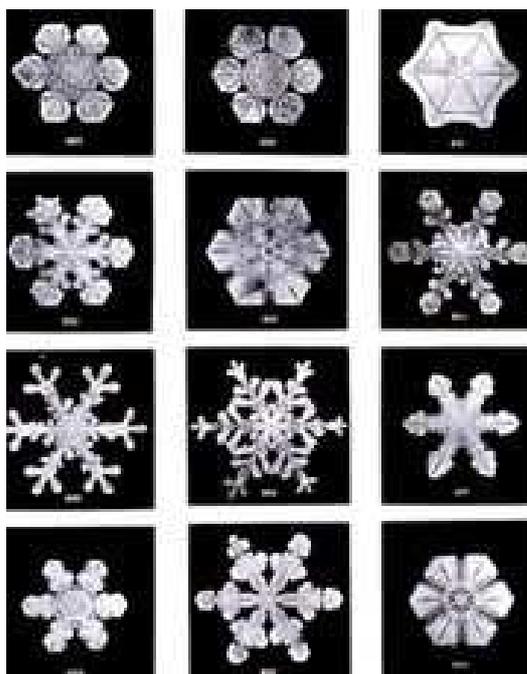
### 1.4.2 ESTRUCTURA CRISTALINA DEL HIELO

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.



**Figura 1.1.** Cristales de hielo, estudiados por Wilson Bentley en 1902<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup><http://www.Guiadelfrio.com>.

**Tabla 1.2.** Estructuras del hielo<sup>4</sup>.

Hielo	Temperatura y Presión	Estructura	Densidad aprox. (g/cm <sup>3</sup> )
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	1.3
Hielo VII	Alta temperatura, alta presión	cúbico sencilla	1.7
Hielo VIII	Alta presión	tetragonal centrada	1.6
Hielo IX	Alta presión	tetragonal	1.2
Hielo XII	Baja Temperatura, alta presión	tetragonal	1.3

Fuente: Internet

Elaborado por: CHICAIZA-CHUNGANDRO

En la figura 1.2 se muestra el diagrama de fase del hielo, y se explica la diferente forma cristalina que adopta el hielo en función de la presión y la temperatura.

---

<sup>4</sup> <http://www.es.wikipedia.org/wiki/hielo>.

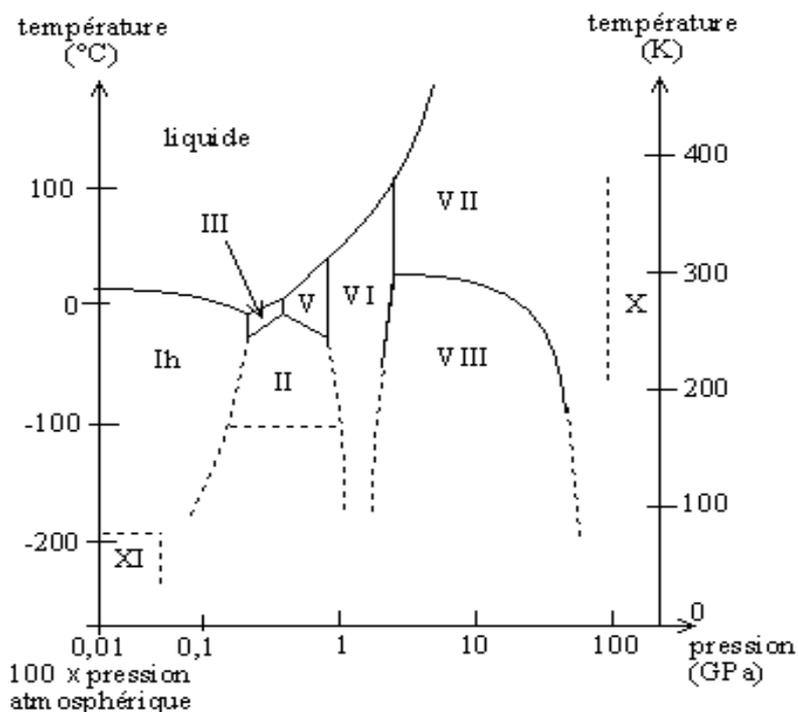


Figura 1.2. Diagrama de fase del hielo — la escala de las presiones es logarítmica<sup>5</sup>.

#### 1.4.2.1 Fusión Eutéctica.

Durante la época de invierno para la remover hielo es frecuente agregar sal para que se funda, lo que se funde es un compuesto de hielo y sal llamado eutéctico.

Al momento que la sal NaCl ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) entra en contacto con el hielo, los iones positivos y negativos son atraídos por los iones de las moléculas de agua ( $\text{H}_2^{\delta+}$ ,  $\text{O}^{\delta-}$ ) formando de esta manera un nuevo compuesto que es  $(\text{H}_2\text{O})\cdot(\text{NaCl})$ ; para este arreglo hacen falta solamente unos pequeños movimientos de átomos, y se hace por lo tanto en fase sólida. Cuando se respetan las proporciones exactas (alrededor del 77 % de sal en masa), se tiene un producto que se comporta como producto puro (particularmente, hay una temperatura de fusión constante) y que se califica de "eutéctica". La temperatura de fusión de esta eutéctica es de alrededor de  $-21\text{ }^\circ\text{C}$ .

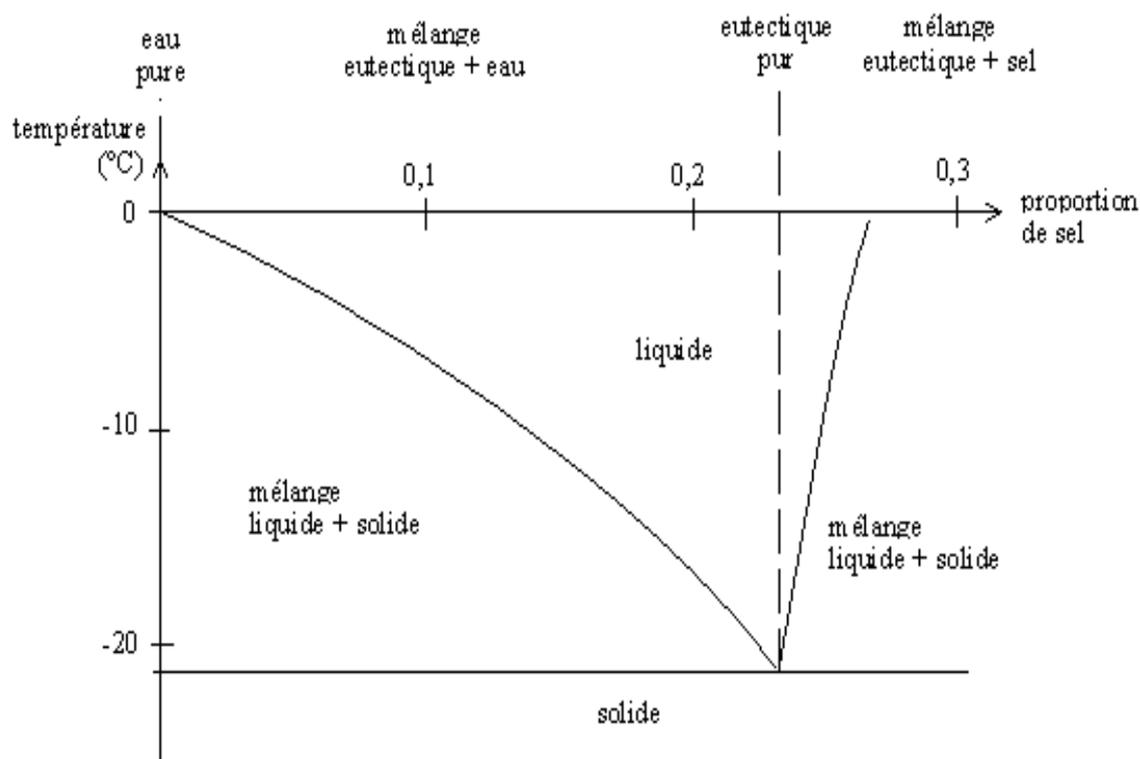
<sup>5</sup> <http://www.fao.org/docrer/003/T0713S/T0713S00.HTM>

Si la proporción de sal es inferior a esta relación, se da una mezcla agua-eutética, que se funde a una temperatura superior (entre  $-21$  y  $0$  °C). Si la proporción de sal es superior, se tiene una mezcla sal-eutética que también se funde a una temperatura superior. Se puede trazar un diagrama, llamado diagrama de fase, que representa la temperatura de fusión en función de las proporciones agua-sal.

El nuevo compuesto agua + sal  $\rightarrow$  eutética no puede darse sino en los puntos de contacto entre los cristales de hielo y de sal, o sea en la superficie del hielo. Se forma así una capa superficial de eutética que se funde (si la temperatura es superior a  $-21$  °C). Como la sal está en sobresaturación, se disuelve en la eutética fundida y puede reaccionar con el hielo que se encuentra sobre la película líquida. El fenómeno se propaga entonces hasta que falta agua o sal para formar una nueva eutética.

#### **1.4.2.2 Descenso crioscópico**

El descenso crioscópico es la reducción del punto de fusión de un disolvente puro por la presencia de solutos. Es directamente proporcional a la molalidad, lo que hace que sea más importante para solutos iónicos, como los que predominan en el agua de mar, que para los no iónicos. El fenómeno tiene importantes consecuencias en el caso del agua de mar, porque la respuesta al enfriamiento intenso del agua del océano, como ocurre en el invierno de las regiones polares, es la separación de una fase sólida flotante de agua pura en forma de hielo. Es así como se forma la banquisa en torno a la Antártida o al océano Ártico, como un agregado compacto de hielo puro de agua, con salmuera llenando los intersticios, y flotando sobre una masa de agua líquida a menos de  $0^{\circ}\text{C}$  (hasta un límite de  $-1,9$  °C para una salinidad del 3.5%).



**Figura 1.3.** Diagrama de fase agua-sal a presión atmosférica; la eutéctica se forma en una proporción de agua de 0,2331 en masa (23,31 % de agua y 76,69 % de sal en masa)<sup>6</sup>

### 1.4.3 FABRICACIÓN DEL HIELO.

Para la fabricación del hielo se puede utilizar tanto agua de mar como agua dulce.

#### 1.4.3.1 Elección del tipo de agua que se va utilizar en la fabricación de hielo.

Dependiendo del sitio en el que se encuentra la instalación para la fabricación del hielo se va 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

<sup>6</sup> [dialnet.unirioja.es/servlet/articulos](http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulos).

suministro constante, la ubicación de la fábrica de hielo y el 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 entrará en contacto directo con los alimentos.

#### *1.4.3.1.1 Ventajas y Desventajas del uso de hielo elaborado con agua de mar.*

El hielo que se fabrica con agua de mar está enfocado directamente para enfriar el pescado.

- Se puede fabricar en el mar o en tierra, donde haya grave escasez de agua dulce o donde ésta sea costosa.
- Puesto que el espacio en las embarcaciones de pesca es limitado, la capacidad de fabricar hielo cuando se necesite y sólo si se necesita, en lugar de tener que prever las necesidades antes de salir a pescar, puede ofrecer ventajas prácticas.
- El hielo de agua de mar permite conseguir temperaturas de almacenamiento ligeramente menores, por lo que es posible prolongar el tiempo de conservación del pescado. Las máquinas de hielo en escamas que se comercializan, pueden fabricar hielo de agua de mar con una temperatura que oscila entre  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un contenido de sal variable.

Sin embargo, existen algunas desventajas importantes, como las siguientes:

- El hielo de agua de mar no es homogéneo y, al almacenarlo, se puede convertir en una mezcla de cristales de hielo y solución salina enfriada, cuya consistencia es semifluida. A medida que la temperatura aumenta, se produce una lixiviación de la salmuera. Por lo tanto, el hielo de agua de mar no tiene un punto de fusión fijo ( $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  para el hielo de agua de mar con un contenido de sal del 3 al 3,6 por ciento) y las pérdidas, por fusión y por lixiviación de la salmuera, dependerán de la temperatura de almacenamiento.

- La temperatura variable que posee el hielo de agua de mar ocasiona que el pescado se congele en parte y de que absorba la sal, esto es más riesgo en el caso de los peces de piel delgada.
- Para obtener hielo de la mejor calidad, resulta necesario utilizar máquinas diseñadas específicamente para la producción de hielo de agua de mar. Los costos de adquisición y manejo de estas máquinas son habitualmente mayores que los de las máquinas diseñadas para la fabricación de hielo de agua dulce.

#### *1.4.3.1.2 Máquinas de Hielo de agua de mar.*

La máquina que más se utiliza a bordo de embarcaciones de pesca es la máquina de hielo en escamas.

Para la elaboración de hielo con agua de mar, lo apropiado es contar con instalaciones a bordo de las embarcaciones. En el diseño de una máquina de hielo de agua de mar instalada a bordo se debe analizar algunos factores como son:

- La planta debe poder funcionar y fabricar hielo en condiciones extremas de cabeceo y balanceo de las embarcaciones de pesca.
- Fabricada con materiales no corrosivos para resistir al medio marino.
- El equipo debe funcionar a una temperatura inferior a la de las máquinas de fabricación de hielo de agua dulce, generalmente entre -18 y -21 °C, ya que la temperatura de congelación del agua de mar es inferior a la del agua dulce.

#### *1.4.3.1.2.1 Ventajas y Desventajas de tener una Máquina de hielo con agua de mar a bordo.*

El contar con una máquina de hielo con agua de mar a bordo tiene ventajas en especial para los pescadores:

- Permiten mayor flexibilidad en el volumen de capturas y en la duración de la salida de pesca.

- El mantenimiento de la máquina y producción de hielo resulta más económico.
- Los pescadores dejan de depender para sus salidas de pesca del hielo que suministran las fábricas instaladas en tierra, ya que fabrican hielo cómo y cuándo lo necesitan.
- La posibilidad de producir hielo a bordo puede resolver los problemas que surgen cuando una embarcación que se ha cargado con hielo en la costa vuelve a tierra con un volumen de pesca escaso o nulo. En muchos países, el costo del hielo puede suponer un porcentaje considerable de los gastos de explotación.

Las principales desventajas son las siguientes:

- Los costos de adquisición e instalación de la máquina y de los equipos auxiliares que pudieran ser necesarios, tales como grupos electrógenos auxiliares, transportadores, etc.
- El hielo se fabrica generalmente con agua salada, lo que puede afectar a ciertas especies de peces debido a la absorción de sal por el producto.
- El hielo, y por tanto las capturas, puede contaminarse si no se tiene cuidado de utilizar únicamente agua de mar limpia.
- El mantenimiento de la máquina requerirá ciertos conocimientos técnicos especializados.
- Se necesita energía eléctrica adicional.
- Se necesita mano de obra y servicios de mantenimiento especializados (preferiblemente a bordo de la embarcación).

#### **1.4.3.2 Tipos de hielo y su fabricación.**

Entre los principales tipos de hielo se tiene:

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

- Hielo fundente.
- Hielo en Tubos.
- Hielo en Placas.

#### *1.4.3.2.1 Hielo en bloques.*

La fabricación de hielo en bloques se inició en el año de 1869, es un proceso que consiste en rellenar moldes de metal con agua para luego sumergirlos en un baño de salmuera refrigerada a una temperatura inferior a la de congelación del agua, se necesita varias horas para obtener los bloques de hielo. Para el baño de salmuera se utiliza generalmente cloruro sódico o cálcico. La producción de hielo en bloques es una operación discontinua; una vez vaciados, los moldes se vuelven a rellenar de agua y se vuelven a colocar en el depósito de salmuera durante otro período de congelación. Las ventajas principales del hielo en bloques frente a otros tipos de hielo son las siguientes:

- Hielo en bloques es de fácil almacenamiento, manipulación y transporte.
- Punto de fusión relativamente bajo, por lo que las pérdidas durante el almacenamiento y la distribución son mínimas.
- Menor espacio para almacenar.
- Se puede reducir a partículas más pequeñas para su utilización mediante una trituradora.
- El Mantenimiento de la instalación no requiere de mayor cuidado.

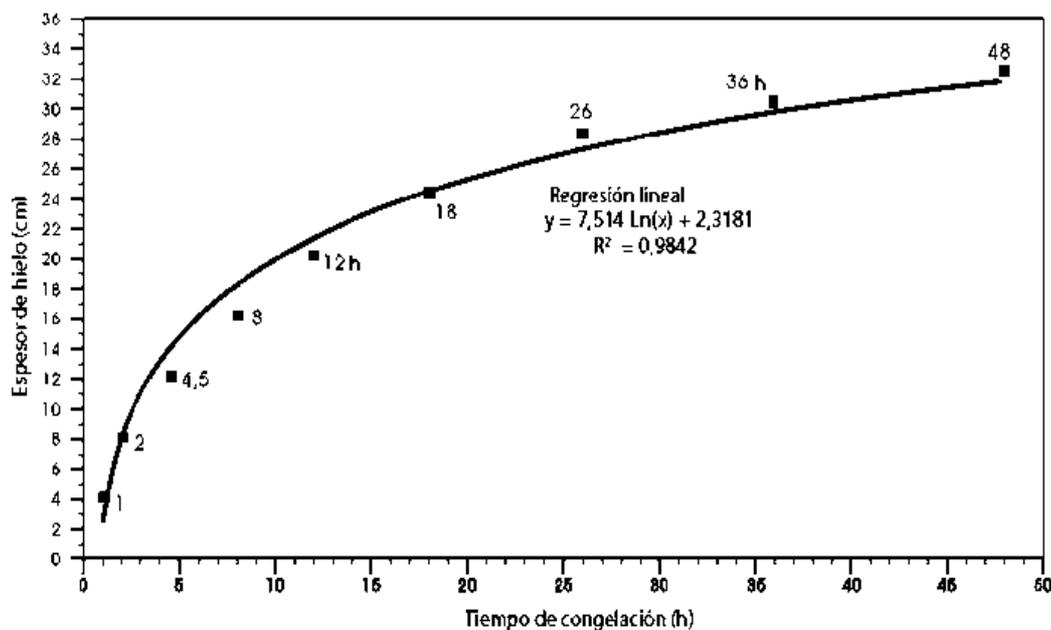
Las principales desventajas de la producción de hielo en bloques son las siguientes:

- Se requieren 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);
- 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 para reducir la corrosión del equipo.

El tiempo requerido para la congelación de un bloque de hielo dependerá del espesor del mismo. Así por ejemplo para producir un bloque de 140kg se necesita un promedio de 36 horas de tiempo de congelación. En general, cuanto más grueso sea el bloque de hielo, mayor será el tiempo de congelación.

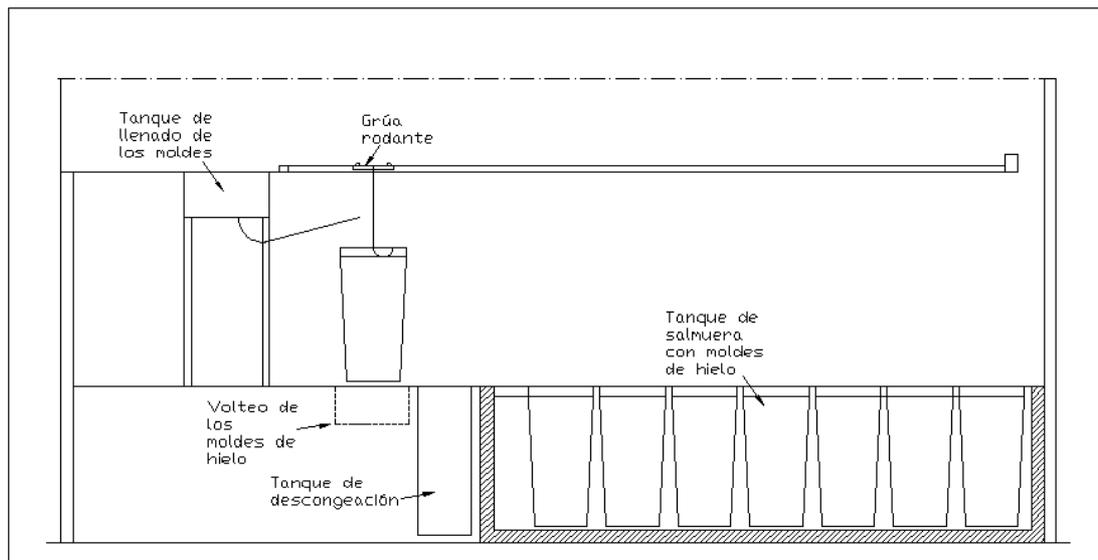
La Figura 1.4. Ilustra la relación entre el espesor del hielo producido y el tiempo necesario para su congelación en condiciones típicas de fabricación de hielo en bloques.



**Figura 1.4.** Relación entre el grosor del hielo producido y el tiempo de congelación<sup>7</sup>.

En la siguiente figura 1.5 se observa las partes que constituyen una fábrica de bloques de hielo.

<sup>7</sup> <http://www.fao.org/docrer/003/T0713S/T0713S00.HTM>



**Figura 1.5.** Fábrica de bloques de hielo.<sup>8</sup>

#### 1.4.3.2.2 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.

<sup>8</sup> <http://www.fao.org/docrep/003/T0713S/T0713S00.HTM>.

Las desventajas de las máquinas de producción rápida es:

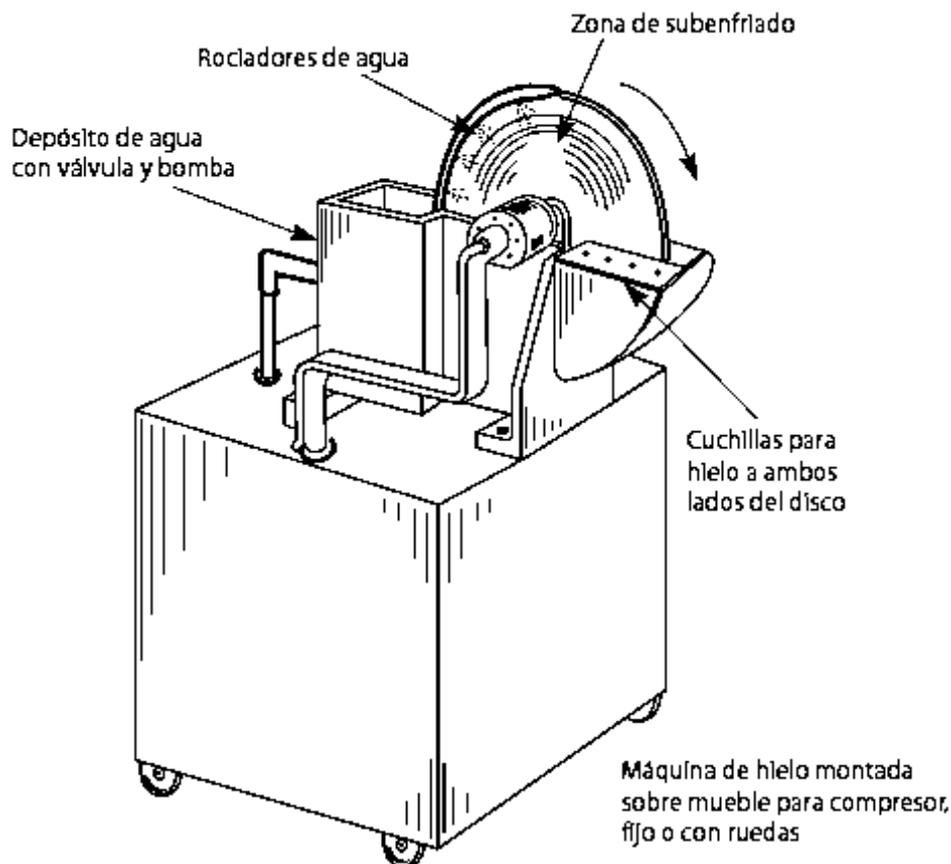
Alto costo de adquisición, funcionamiento y mantenimiento.

#### *1.4.3.2.3 Hielo en escamas.*

Es hielo seco y subenfriado en fragmentos pequeños planos con forma de oblea 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 subenfriado, 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 1.6 se puede observar una máquina para producir hielo en escamas.



**Figura.1.6** Máquina de hielo de tipo "Coldisc"<sup>9</sup>

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 produce con mayor rapidez y eficacia.
- El hielo en escamas está ligeramente subenfriado (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, subenfriado ( $-5$  °C) y debidamente diseñado para su almacenamiento.

<sup>9</sup> <http://www.fao.org/docrer/003/T0713S/T0713S00.HTM>

- 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.

#### *1.4.3.2.4 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.

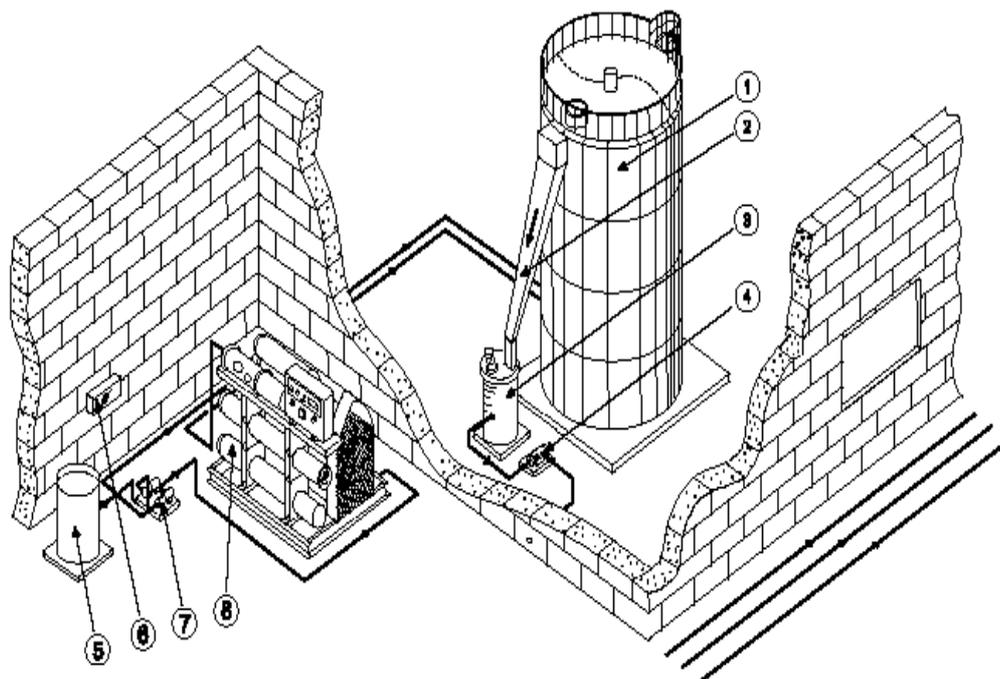
#### *1.4.3.2.5 Hielo Fundente.*

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 1.7 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 disponer de espacio para su almacenamiento.



**Figura. 1.7.** Fábrica de hielo fundente.<sup>10</sup>

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.

<sup>10</sup> <http://www.fao.org/docrep/003/T0713S/T0713S00.HTM>

#### 1.4.3.2.6 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 x 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 desescarchado con gas caliente.

El hielo en tubos no es recomendable para el enfriamiento del pescado debido a que las partículas son grande, 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 1.8.

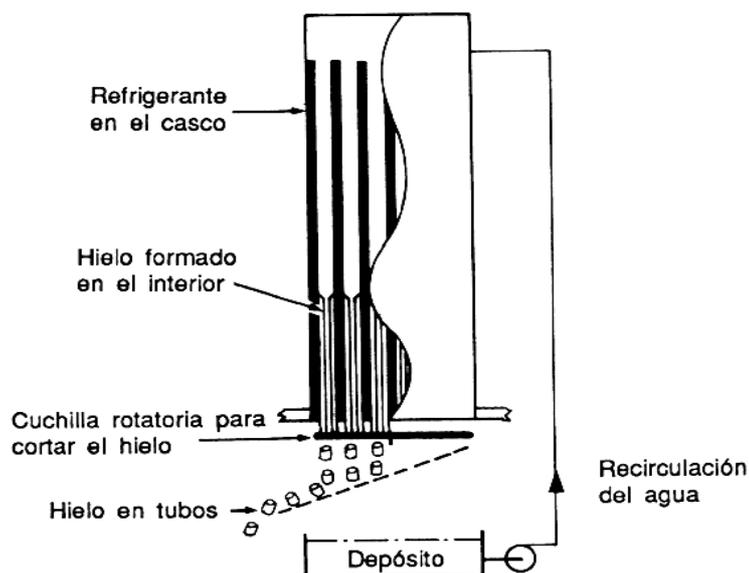


Figura 1.8. Máquina de hacer hielo en tubos<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <http://www.fao.org/docrep/003/T0713S/T0713S00.HTM>.

#### *1.4.3.2.7 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 desescarcharlo. El agua para realizar el proceso de desescarchado debe tener una temperatura de 25°C. Existen sistemas que forman hielo en ambas superficies y el desescarchado 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.

### **1.4.4 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 generan, en consecuencia, 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 termoaislados donde transportan el hielo. Los grandes barcos de pesca generalmente cuentan con una planta a bordo de producción y almacenamiento de hielo.

#### **1.4.4.1 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.

#### **1.4.4.2 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 1.3 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 1.3.** Ventajas e inconvenientes del enfriamiento y la congelación

<b>Enfriamiento</b>	<b>Congelación</b>
Almacenamiento a corto plazo (hasta un máximo de un mes para algunas especies, sólo 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

Fuente: Internet

Elaborado por: CHICAIZA-CHUNGANDRO

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.

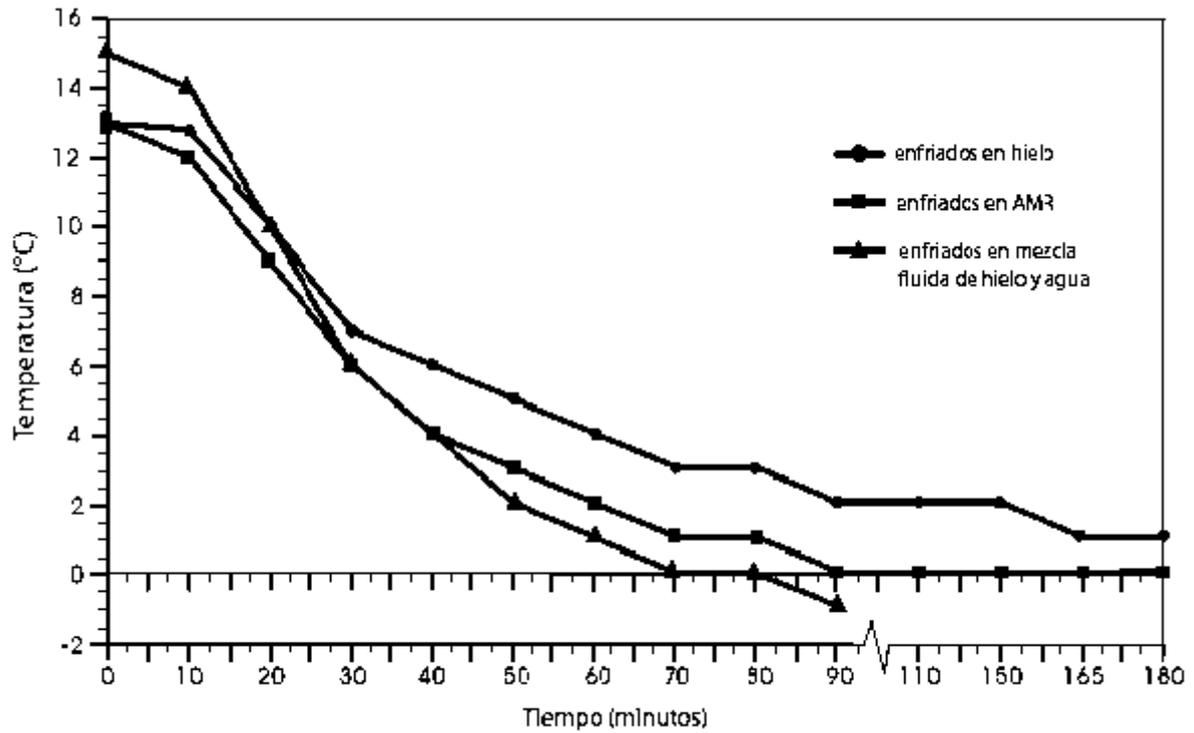
Cada vez se utiliza más el AME como método de enfriamiento en pequeñas embarcaciones de pesca. Por ejemplo, barcos de tan sólo 10 m de eslora utilizan este sistema para conservar las especies de gran valor en condiciones óptimas tras su captura. La temperatura media de los depósitos de AME se controla

añadiendo hielo para reducir la temperatura del agua de mar y la de los peces a medida que se capturan.

Los métodos AME y AMR poseen un enfriamiento rápido, menores daños físicos al pescado y una manipulación más rápida con menos mano de obra, pero requieren más instalaciones especiales a bordo y, por lo general, sólo resultan adecuados para los casos en que deben manejarse grandes cantidades de pescado en poco tiempo.

La Figura 1.9 muestra una comparación típica de los perfiles de temperatura de un pescado entero de tamaño mediano enfriado en hielo triturado, AMR y 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).



**Figura 1.9.** 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<sup>12</sup>

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.

<sup>12</sup> <http://www.fao.org/docrer/003/T0713S/T0713S00.HTM>.

## **CAPITULO II**

### **2.1 LA PICADORA DE HIELO**

Una picadora 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.

#### **2.2.1 FUNCIONAMIENTO DE LA PICADORA DE HIELO.**

El principio básico de funcionamiento de una picadora se basa en la acción de cizalla producida por una o varias cuchillas acopladas a un eje que gira a gran velocidad dentro de una cámara cilíndrica, las cuchillas dispuestas sobre el eje motriz constituyen el rotor de la máquina.

El tamaño de hielo picado dependerá de la velocidad del rotor y el tamaño de las cuchillas (ver ANEXO 1). En la figura 2.1 se observa una picadora de hielo sencilla.

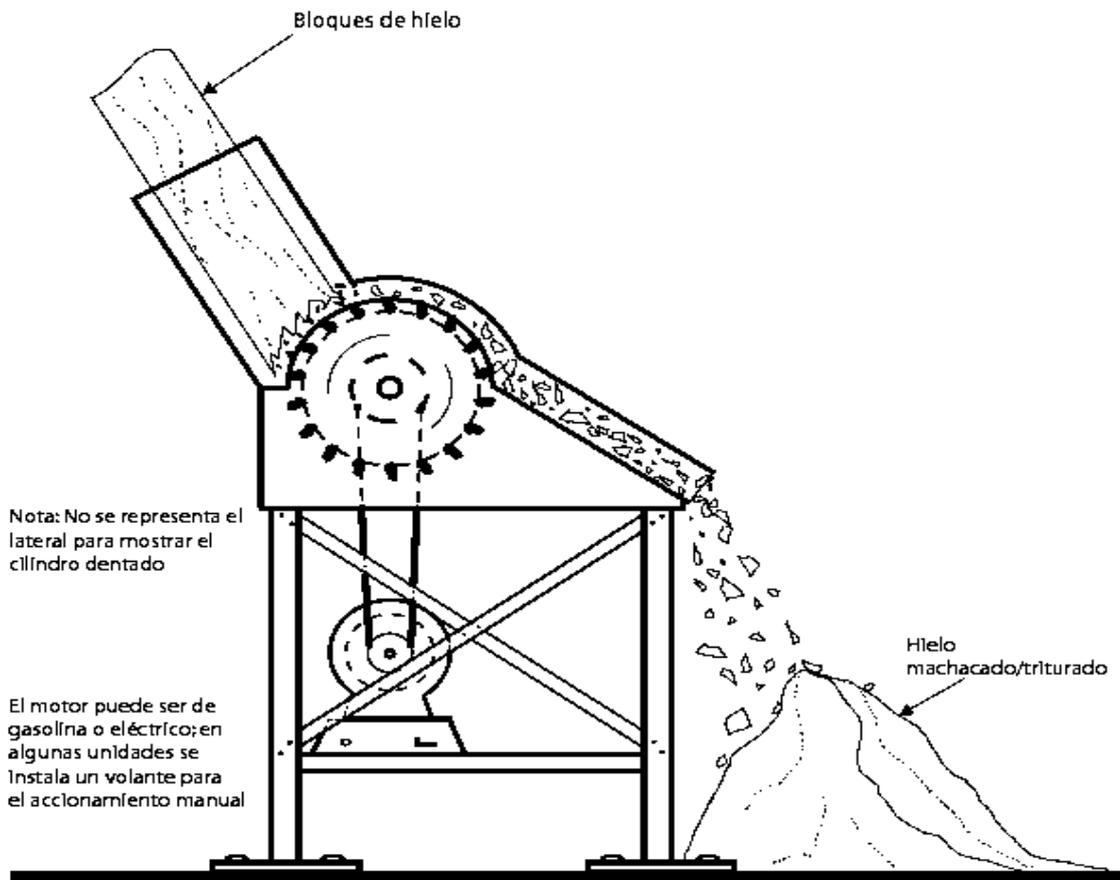


Figura 2.1. Picadora de hielo.<sup>13</sup>

## 2.2.2 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

<sup>13</sup> [www.fao.org/docrep/008/y5013s.htm](http://www.fao.org/docrep/008/y5013s.htm).

de presiones. En el cuadro 2.1 se pueden apreciar los tipos de ruptura de sólidos, y los equipos que se utilizan.

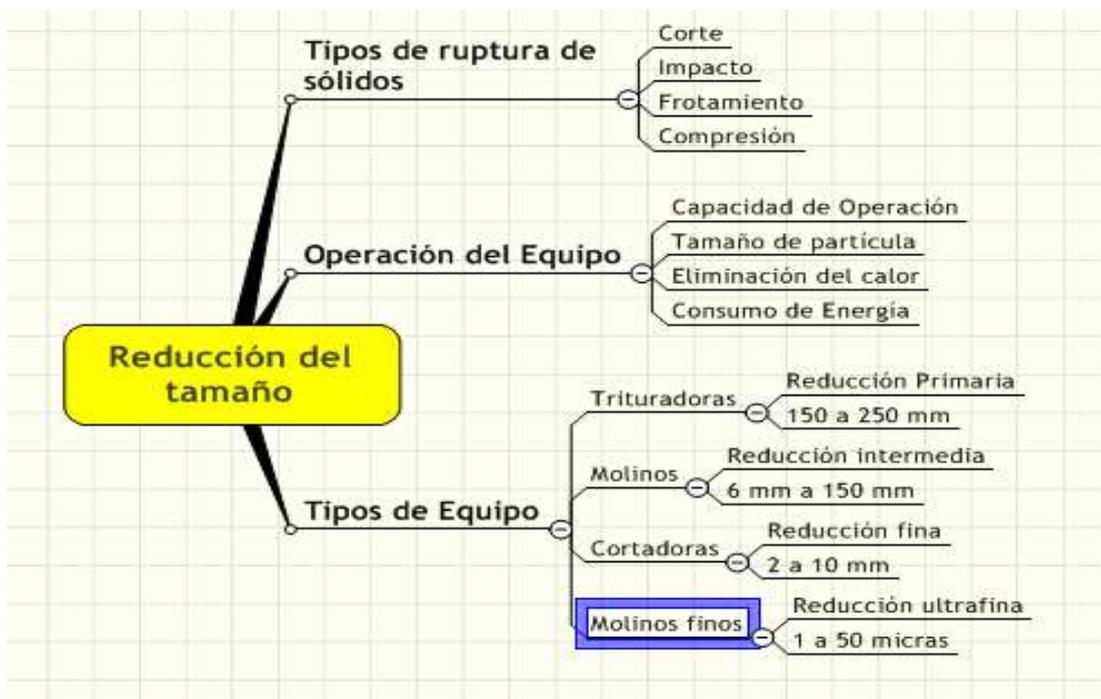


Figura 2.2. Reducción de Tamaño, ruptura, y equipos.<sup>14</sup>

- 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.

### 2.2.2.1 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 de material reducido que se obtiene.

<sup>14</sup> <http://html.rincondelvago.com/reduccion-del-tamano-de-solidos.html>.

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.

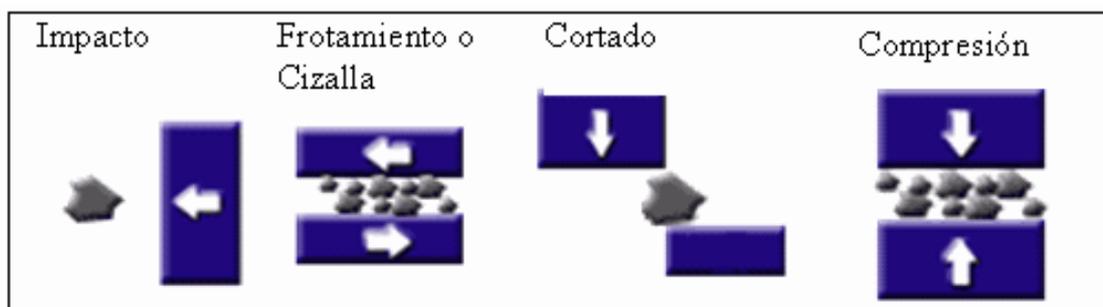


Figura 2.2. Fuerzas utilizadas en la reducción de tamaño.<sup>15</sup>

#### 2.2.2.2 Variables que intervienen en la reducción de tamaño.

**ALIMENTACIÓN OBSTRUIDA:** El desintegrador está equipado con una tolva alimentadora que se mantiene siempre llena de modo que el producto no se descarga libremente, lo que hace que aumente la proporción de finos y disminuye la capacidad de producción.

**CONTENIDO DE HUMEDAD:** En la etapa grosera e intermedia los materiales no deben exceder el 4% de humedad. En la etapa más fina de reducción de tamaño se aplica una molienda húmeda.

**TRITURACIÓN LIBRE:** El producto desintegrado, junto con cierta cantidad de finos formados, se separa rápidamente de la zona de acción desintegrante

<sup>15</sup> [www.monografias.com/trabajos55/analisis-volumetrico/analisis-volumetrico.shtml](http://www.monografias.com/trabajos55/analisis-volumetrico/analisis-volumetrico.shtml)

después de una permanencia relativamente corta. Por lo regular el producto de la molienda sale por una corriente de agua, por gravedad o lanzado por fuerza centrífuga.

Operación en circuito cerrado: Cuando el material de rechazo es devuelto al desintegrador.

Operación en circuito abierto: Cuando el material no se devuelve para su retritución.

**DUREZA Y LA ESTRUCTURA DEL MATERIAL:** Las maquinas para trituración grosera de materiales blandos no necesitan una maquina tan robusta o compleja como las utilizadas a la trituración de materiales duros.

### **2.2.2.3 Clasificación de máquinas de reducción de tamaño.**

**Trituradores bastos:** máquinas cuya alimentación son trozos grandes mayores a 5 cm de diámetro.

**Trituradores intermedios:** máquinas que no se alimentan de masas muy grandes y que dan un producto capaz de pasar el tamiz de 40 mallas.

**Molinos de finos.** Máquinas que dan producto que pasa por el tamiz de 200 mallas.

La máquina Picadora de hielo a diseñar debe realizar una trituración grosera de material blando (hielo), su operación es en circuito abierto; ya que el material a picarse es blando la máquina no será compleja ni robusta.

## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Este capítulo tiene como objetivo analizar y seleccionar la alternativa de diseño más adecuada para construir un prototipo apropiado para obtener hielo picado.

##### **3.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La necesidad surge del sector artesanal pesquero para conservar fresco su producto, por lo que se requiere diseñar una máquina que permita obtener hielo picado para el almacenamiento y/o transporte adecuado de algunas variedades de mariscos. Actualmente en el Ecuador no existen registradas picadoras de hielo para esta aplicación que sean económicamente accesibles y de fácil operación.

El sistema deberá ser capaz de suministrar la fuerza necesaria capaz de doblegar la resistencia del hielo a ser cortado, entendiéndose como sistema al conjunto motriz, conjunto de corte y materiales que en este intervienen. La disponibilidad de los elementos que conforman la máquina puede ser un limitante en cuanto a la mejor manera de diseñarla y construirla, es por esto que se considera un aporte importante para el desarrollo de las capacidades de los futuros ingenieros.

##### **3.1.2 ESTUDIO DE MERCADO**

El estudio de mercado se realiza para obtener información de los requerimientos de la máquina picadora de hielo. El método de investigación que se utiliza es la encuesta; la misma que se realiza a los pescadores artesanales.

Mediante estas encuestas se simplifica el análisis de las necesidades del mercado y permite desarrollar un análisis estadístico para obtener las mejores conclusiones.

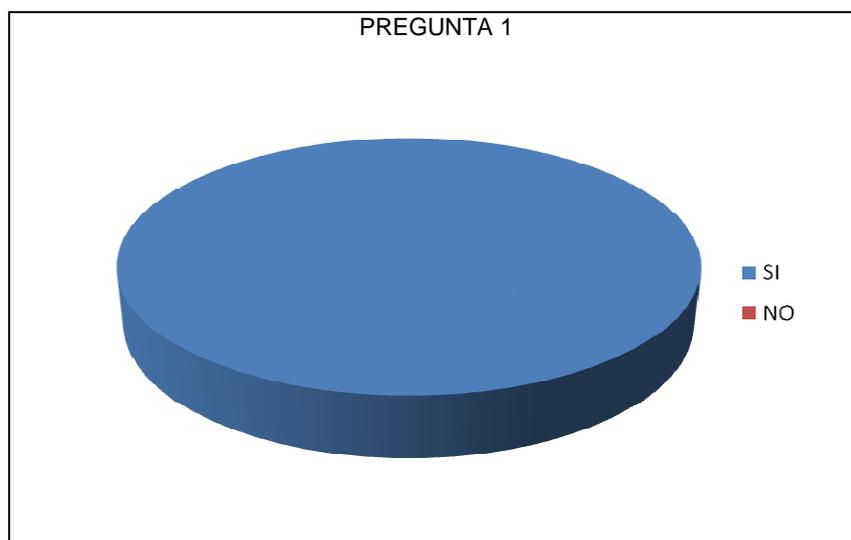
### 3.1.3 ENCUESTAS REALIZADAS

Ver ANEXO 2.

### 3.1.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS REALIZADAS.

**Pregunta 1.-** ¿Utiliza Ud. Hielo para conservar su captura?

De las personas que han sido encuestadas, el 100% utiliza hielo para conservar sus productos que obtienen en la pesca artesanal.

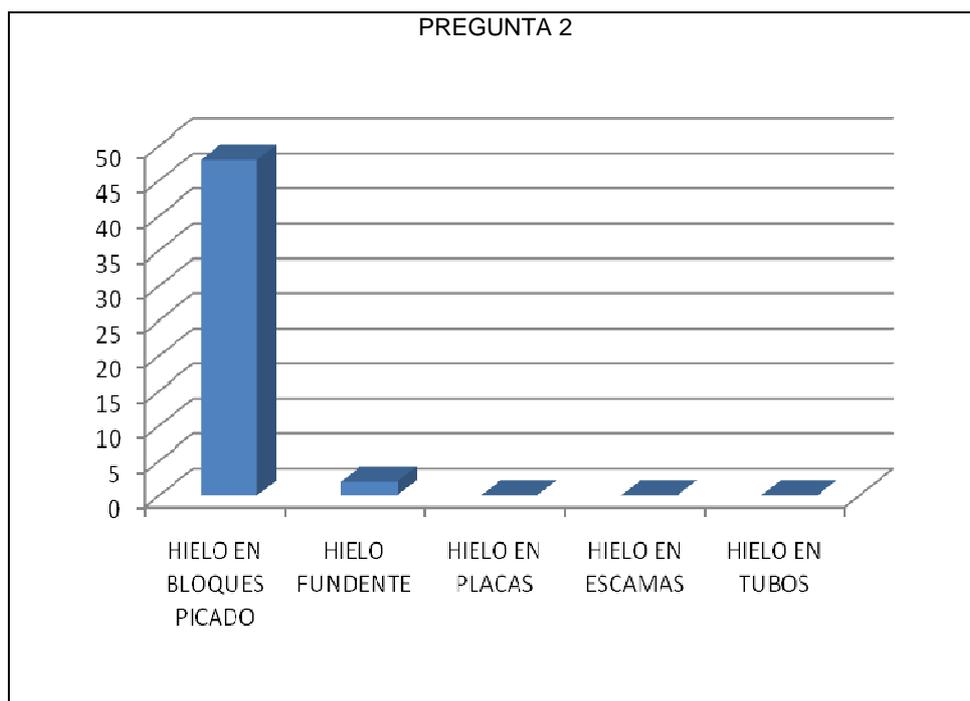


**Figura 3.1.** Porcentaje pregunta 1.

**Pregunta 2.-** Del siguiente listado de tipos de hielo marque aquellas opciones de los que usted utiliza para la conservación de su pescado.

En esta pregunta 48 personas adquieren hielo en bloques picado. Los pescadores artesanales para conservar su pesca utilizan bloques de hielo, ya que en su mercado es el más económico y fácil de adquirir.

El inconveniente que se les presenta es que manualmente tienen que picarlo.

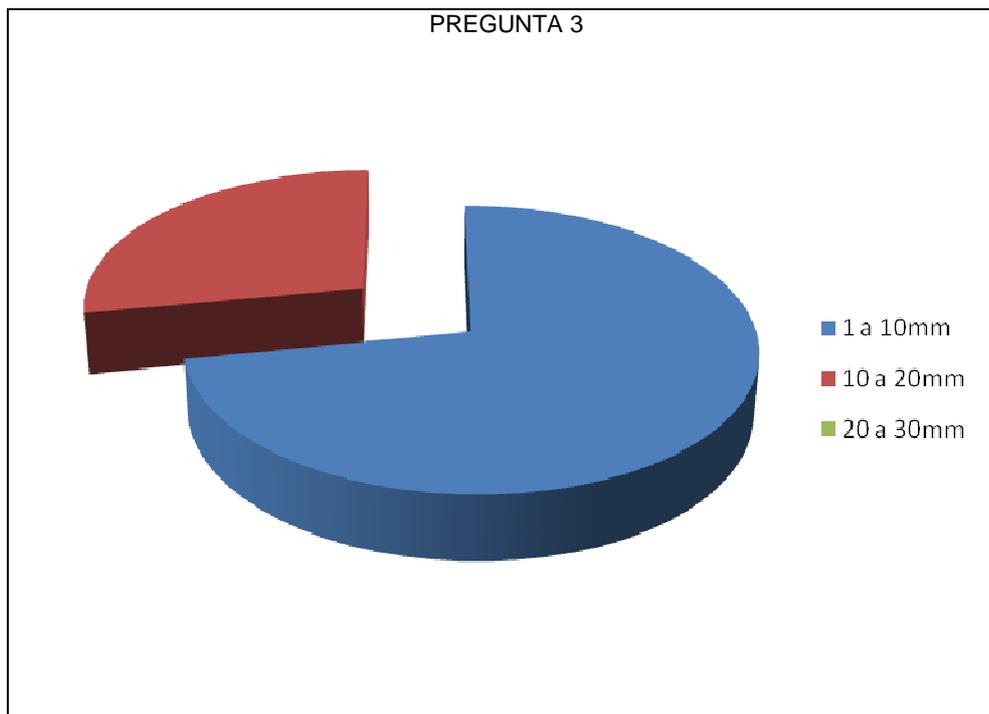


**Figura 3.2.** Porcentaje pregunta 2.

**Pregunta 3.-** Tamaño de hielo óptimo que se requiere.

Se grafica el número de marcas que tiene cada una de las opciones.

TAMAÑO	MARCAS
1 a 10mm	36
10 a 20mm	14
20 a 30mm	0



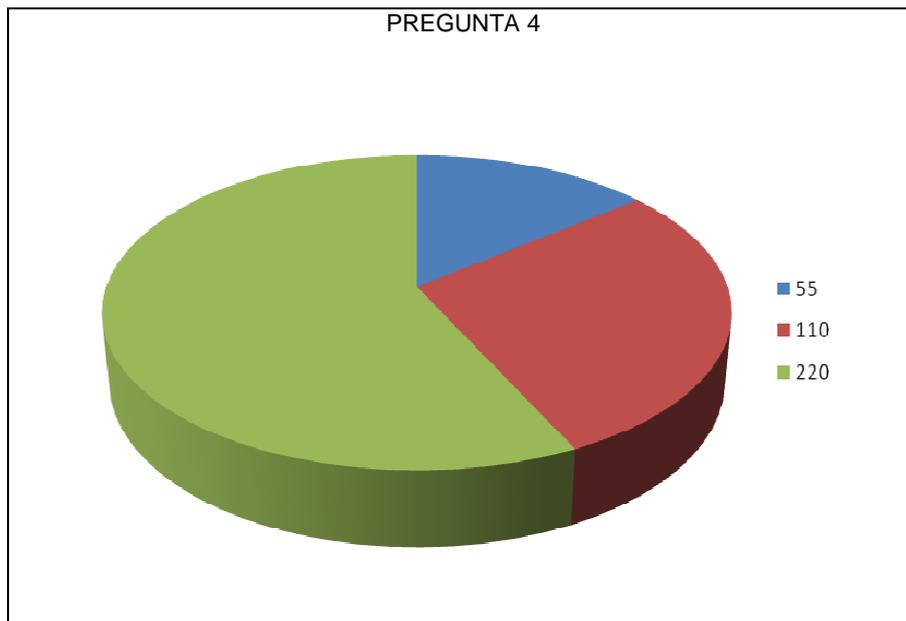
**Figura 3.3.** Porcentaje pregunta 3.

**Pregunta 4.-** Capacidad de la máquina picadora de hielo.

En esta pregunta 40 personas se inclinaron por 110 kg<sub>hielo</sub>/min. Esto se realizó en base al tamaño del bloque de hielo el mismo que posee 160x370x1000mm; por lo que requieren que se pique dos bloques de hielo en 1 minuto.

Se grafica el número de marcas por opciones.

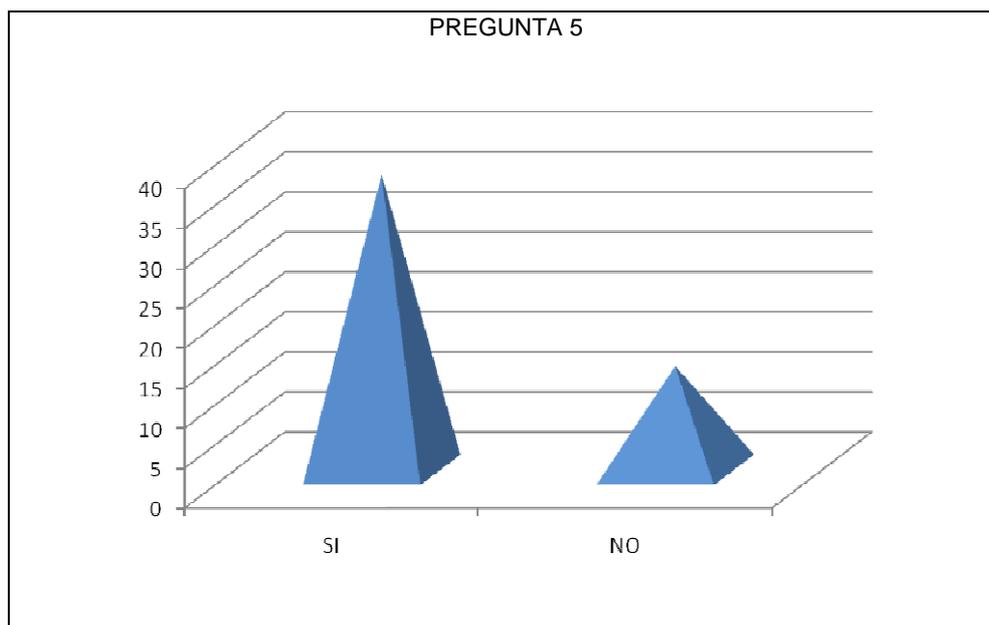
CAPACIDAD Kg <sub>hielo</sub> /min	MARCAS
55	8
110	40
220	2



**Figura 3.4.** Porcentaje pregunta 4.

**Pregunta 5.-** ¿Usted estaría dispuesto a adquirir una máquina picadora de hielo?

De las personas encuestadas, 37 estarían dispuestos a adquirir una máquina picadora de hielo que sea económicamente accesible; además en la zona no existe lugares donde se pueda obtener hielo picado con facilidad.



**Figura 3.5.** Porcentaje pregunta 5.

### **3.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES**

El diseño adecuado debe satisfacer los siguientes requerimientos funcionales:

- La máquina debe procesar un bloque de hielo y entregar hielo picado de forma continua.
- Al trabajar con hielo (bajas temperaturas y humedad), los materiales que se escojan deben presentar elevada tenacidad y resistencia a la corrosión.
- La máquina debe ser de fácil operación para involucrar un mínimo de personas.
- Al ser diseñada para el sector artesanal, la máquina debe ser de fácil transportación, montaje, desmontaje y mantenimiento.
- La máquina operará especialmente en sectores costeros, la costa ecuatoriana presenta una humedad relativa promedio aproximada de 80% y una temperatura que oscila entre los 12°C y los 35°C.

### **3.3 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Se considera los resultados de las encuestas y algunos factores dentro de los parámetros de diseño que son parte fundamental para el diseño y construcción del prototipo de la máquina picadora de hielo como son:

- La temperatura del hielo al inicio del proceso es 0 °C.
- Las dimensiones del bloque de hielo antes de procesarlo son: 160 mm de ancho, 370 mm de alto y 1000 mm de largo.
- El hielo picado debe obtener trozos de aproximadamente 10 mm de arista.
- La capacidad de la máquina es 100 Kg por minuto.

### **3.4 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
- Versatilidad

#### **3.4.1 ASPECTO ECONÓMICO**

El aspecto económico salvo pocas excepciones, siempre es importante en el diseño, ya que de nada sirve crear proyectos grandes si en la práctica no se realizan por su elevado costo. 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.

#### **3.4.2 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.

#### **3.4.3 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.

#### **3.4.4 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.

#### **3.4.5 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.

#### **3.4.6 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 que 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.

#### **3.4.7 VERSATILIDAD**

Se refiere a que el prototipo no solamente va a entregar un solo tamaño de grano sino que éste puede variar con ciertos acoplamientos o reemplazo de partes constitutivas de la máquina. Se pondera este factor con un valor de 8.

### **3.5 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 dos alternativas de solución expuestas a continuación.

#### **3.5.1 ALTERNATIVA A: ALIMENTACIÓN POR TOLVA**

La alternativa A propone un sistema que es accionado por medio de un motor eléctrico vertical, éste proporciona el movimiento a un plato porta cuchillas mediante un sistema de transmisión por poleas.

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

La alimentación del hielo es por la tolva y pasa a través del plato porta cuchillas para ser depositado en una cámara de almacenamiento.

##### **3.5.1.1 Ventajas**

- Se puede introducir mayor cantidad de bloques de hielo en la tolva para una mayor producción.
- La cámara de almacenamiento permite mantener cierta cantidad de hielo almacenada sin que éste se descongele.
- Permite obtener diferentes tamaños de hielo picado cambiando las cuchillas en el plato porta cuchillas.
- No requiere de mantenimiento permanente de sus partes.

##### **3.5.1.2 Desventajas**

- Se requiere de más de una persona para la introducción del hielo en la tolva.

- El sistema de transmisión cuenta con una polea conductora por lo que la altura de operación indica que hay pérdidas en la transmisión de potencia.
- La fabricación de esta alternativa involucra mayor costo porque se necesita un mayor número de partes y materiales

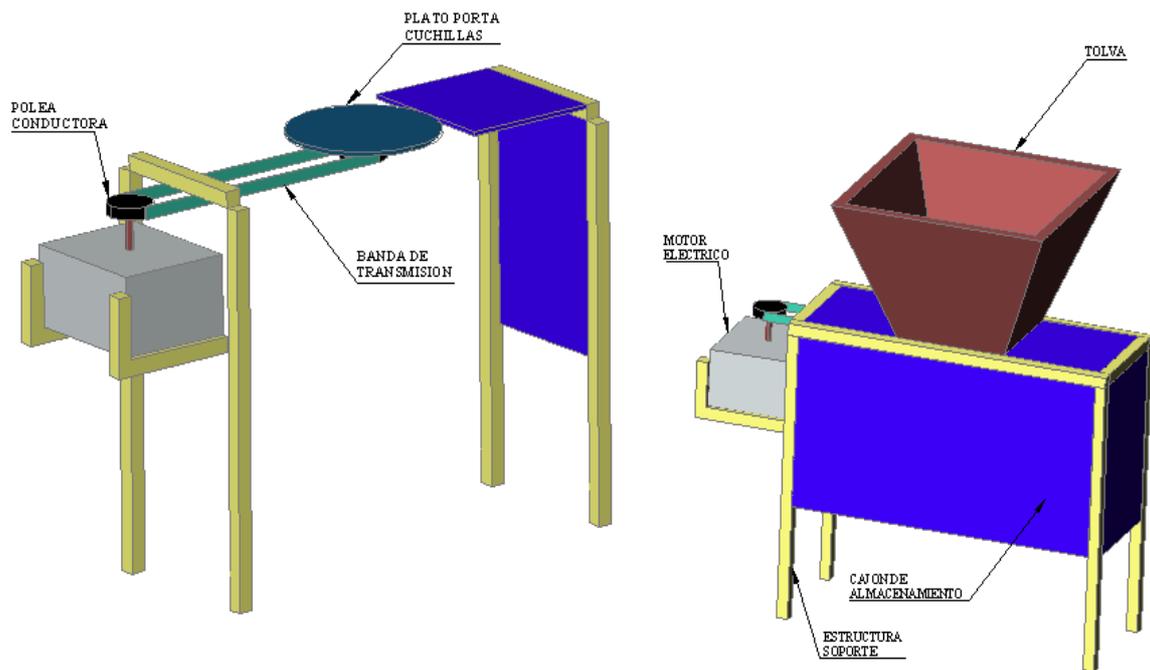


Figura 3.6. Esquema de la picadora de hielo de alimentación por tolva.

### 3.5.2 ALTERNATIVA B: ALIMENTACIÓN VÍA CANAL

La alternativa B consta de un motor eléctrico instalado paralelamente a un cilindro porta cuchillas, cuyo eje va acoplado con el eje motriz del motor eléctrico.

La alimentación del hielo es a través de un canal inclinado que permite el deslizamiento del hielo hacia la carcasa en la que se encuentra el cilindro porta cuchillas.

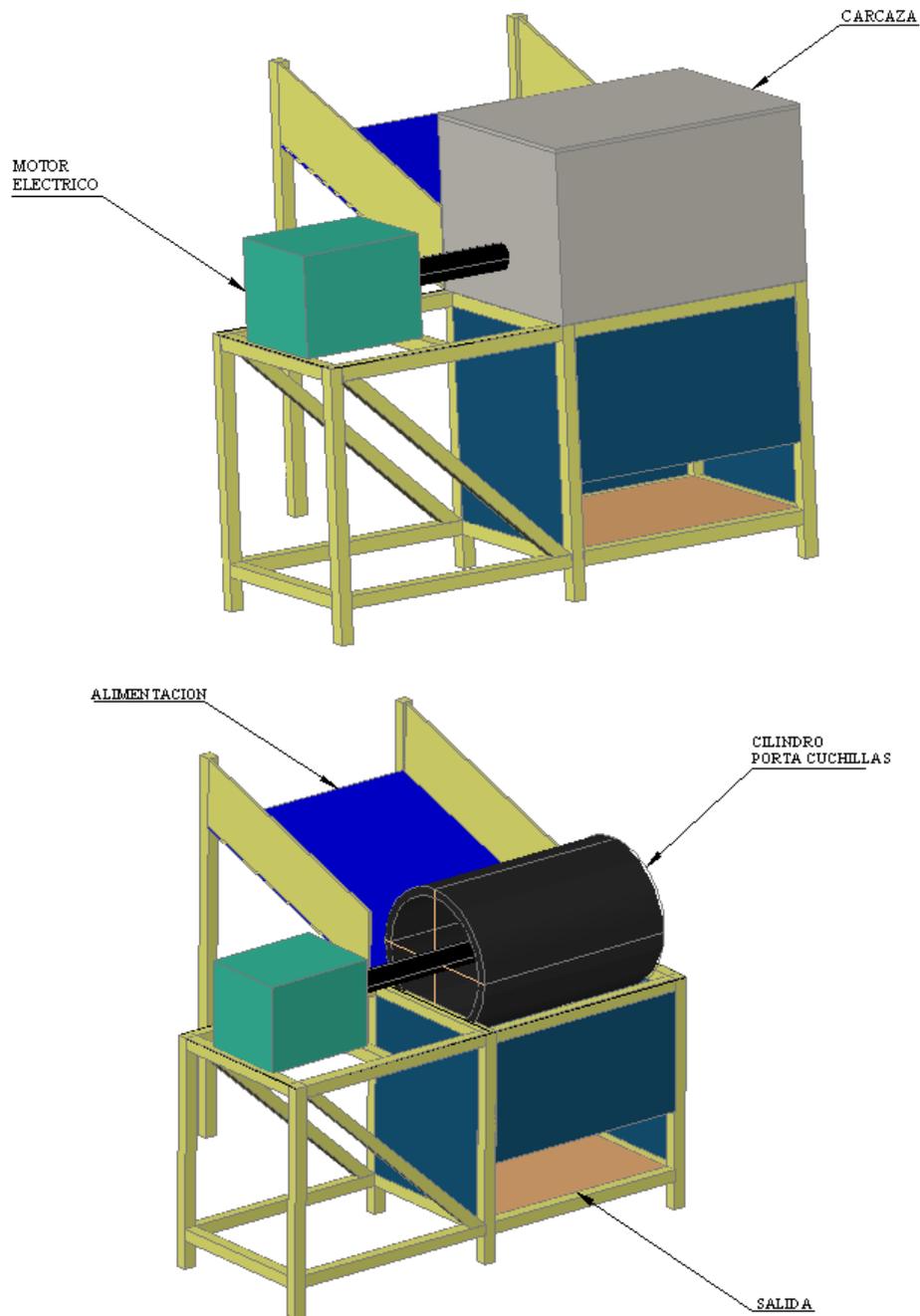


Figura 3.7. Esquema de la picadora de hielo de alimentación vía canal.

### 3.5.2.1 Ventajas

- Esta alternativa es de fácil operación y requiere de una sola persona para obtener el hielo picado.
- Permite obtener diferentes tamaños de grano cambiando el cilindro con sus cuchillas.

- No presenta pérdida de potencia en su sistema de transmisión por ir acoplado directamente el eje del cilindro con el eje motriz.
- Involucra menor costo para su fabricación porque no involucra un gran número de partes.
- No requiere de mantenimiento permanente de sus partes.

### 3.5.2.2 Desventajas

- No permite almacenar el hielo picado ya que no posee cámara de almacenamiento.
- No se puede picar varios bloques de hielo simultáneamente ya que permite la alimentación de un solo bloque de forma secuencial.

## 3.6 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 3.1 se presenta la valoración de las alternativas.

**Tabla 3.1** Valoración de las alternativas de diseño.

PARÁMETROS DE COMPARACIÓN	ALTERNATIVA MODELO	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B
Facilidad de montaje y desmontaje	8	6	7
Facilidad de construcción	9	5	7
Facilidad de operación	8	6	7
Producto terminado	10	9	9
Mantenimiento	7	7	7

Tabla 3.1 (continuación)

<b>PARÁMETROS DE COMPARACIÓN</b>	<b>ALTERNATIVA MODELO</b>	<b>ALTERNATIVA A</b>	<b>ALTERNATIVA B</b>
Versatilidad	8	7	7
Costo	7	5	6
<b>Suma</b>	<b>57</b>	<b>45</b>	<b>50</b>
<b>Valores técnicos</b> <b><math>x = z/z_i</math></b>	<b>1</b>	<b>0.78</b>	<b>0.87</b>

Fuente: PROPIA

Elaborado por: CHICAIZA-CHUNGANDRO

Donde:

Z = Puntaje de las alternativas.

Z<sub>i</sub> = Puntaje de la alternativa modelo.

De lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta los resultados de la tabla 3.1 se concluye que la mejor alternativa es la B, es decir el prototipo de una máquina picadora de hielo de alimentación vía canal.

### 3.7 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Una vez concluido el diseño de la picadora de hielo para la industria artesanal pesquera, se procede a establecer el protocolo de pruebas a las cuales se debe someter el prototipo cuando ya esté construido para verificar la funcionalidad del prototipo.

En el protocolo de pruebas se verifican los siguientes aspectos: control de las dimensiones, prueba de funcionamiento en vacío, prueba de funcionamiento con carga, capacidad y el tamaño de grano del hielo picado.

Para realizar las siguientes pruebas se utiliza instrumentos de medida como el flexometro, calibrador pie de rey, cronómetro, además de la inspección visual. En la tabla (3.2) se detallan las pruebas a realizarse en la máquina.

**Tabla 3.2** Pruebas a realizarse.

<b>PRUEBA</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>INSTRUMENTO DE CONTROL</b>
Características físicas de los mecanismos	Realizar las mediciones de cada componente de la picadora de hielo, para verificar que cumplan las especificaciones y tolerancias establecidas en el diseño y no tener contratiempos en su ensamblaje.	Flexómetro, Calibrador pie de rey, micrómetro.
Funcionamiento de elementos principales	Verificar el funcionamiento de elementos tales como: motor eléctrico, inclinación del plano de deslizamiento, cilindro porta cuchillas; que por su importancia influyen en el funcionamiento real del prototipo	Inspección visual, escuadra, flexómetro.
Funcionamiento en vacío	Verificar cualquier falla en el ensamblaje de la picadora de hielo en vacío es decir sin carga alguna; que impidan su normal funcionamiento.	Inspección visual y auditiva.
Funcionamiento con carga	Verificar la capacidad de producción de la picadora de hielo a plena carga estimando el tiempo en triturar bloques sólidos de hielo uniformes para prevenir problemas en el sistema picador y transmisión de potencia.	Cronómetro y balanza.
Tamaño de grano	Verificar el tamaño y estado del hielo picado obtenido, además controlar si el bloque de hielo sólido pasó en su totalidad por el cilindro porta cuchillas.	Inspección visual y calibrador pie de rey.

Tabla 3.2 (continuación)

<b>PRUEBA</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>INSTRUMENTO DE CONTROL</b>
Niveles de vibración y ruido	En caso de vibraciones se observa si las mismas son excesivas. El nivel de ruido se mide con un sonómetro.	Sonómetro, inspección visual, auditiva y de tacto

Fuente: PROPIA

Elaborado por: CHICAIZA - CHUNGANDRO

El formato respectivo del protocolo de pruebas se presenta en el ANEXO 3.

## CAPITULO IV

### DISEÑO DE LA PICADORA DE HIELO

Para el diseño de la máquina Picadora de hielo se toma como referencia el Manual de Diseño Mecánico de SHIGLEY tercera edición, las ecuaciones y fundamento teórico para el diseño se tomará de este libro.

#### 4.1 ESTUDIO PARA DETERMINAR LA FUERZA QUE SE REQUIERE PARA PICAR EL HIELO.

La fuerza para picar hielo se establece experimentalmente, para ello se realiza un ensayo de compresión en la máquina universal del Laboratorio de Fundición de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

Para el experimento realizado se procedió a realizar 3 probetas de hielo en la figura 4.1 se observa las probetas, en la tabla 4.1 se indica las dimensiones de cada una de las probetas. El peso promedio de las probetas es de 1.2 kg.



a) Construcción de las probetas de hielo.

b) Registro de dimensiones de las probetas de hielo

**Figura 4.1.** Probetas de hielo.

En la figura 4.2 se muestra como se encuentra colocado el hielo en la máquina universal.



a) Colocación de la probeta de hielo en la máquina universal.



b) Realización del ensayo de compresión.

**Figura 4.2.** Probetas colocadas en la máquina Universal.

**Tabla 4.1** Dimensiones de las probetas.

PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 2
101x100x119 mm	980x100x118 mm	100x101x118 mm

Fuente: PROPIA

Elaborado por: CHICAIZA-CHUNGANDRO

Una vez realizado el experimento se obtiene datos de la fuerza de compresión que fue necesaria para romper la probeta de hielo, En la figura 4.3 se observa el momento de rotura del hielo. En la tabla 4.2 se indica los resultados obtenidos.



a) Probeta de hielo después del ensayo de compresión.      b) Registro de la fuerza de compresión.

**Figura 4.3.** Rotura de la probeta de hielo.

**Tabla 4.2.** Fuerza obtenida en el ensayo de compresión.

PROBETAS	FUERZA DE COMPRESION EN kg.
1	682
2	682
3	682

Fuente: PROPIA

Elaborado por: CHICAIZA-CHUNGANDRO

#### 4.1.1 DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE CORTE.

Para obtener la fuerza de corte del hielo se utilizará las siguientes ecuaciones.

Esfuerzo de Compresión

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (4.1)}^{16}$$

Donde:

F= fuerza de compresión.

A = área de aplicación de la fuerza de compresión.

<sup>16</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 2; 3ª edición, ecuación 2-12 ; pág. 41.

$\sigma_c$  = esfuerzo de compresión

Para encontrar el esfuerzo de corte máximo se utiliza la ecuación 4.2.

$$\tau = 0.5\sigma \quad \text{Ec. (4.2)}^{17}$$

$$\tau = \frac{F_c}{A_c} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

Donde:

$\tau$  = esfuerzo de corte

$F_c$  = fuerza de corte

$A_c$  = área que va cortar.

Se utiliza la Ecuación (4.1), Ecuación (4.2) y Ecuación (4.3), se tiene el valor del esfuerzo al corte.

Donde  $A$  = área de la cara del cubo de hielo, se considera que la sección de las probetas son de 100\*100mm.

$$A = 100 * 100 = 10000 [mm^2]$$

$$\tau = 0.5\sigma_t$$

$$\tau = \frac{0.5 * 750}{10000} \frac{kgf}{mm^2} = 0.03409 \left[ \frac{kgf}{mm^2} \right]$$

Se sabe que 1 kgf es 9.8 [N]

$$\tau = 0.03409 \left[ \frac{kgf}{mm^2} \right] * \frac{9.8N}{1kgf} = 0.334 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

De acuerdo al parámetro que se obtuvo en la encuesta la picadora de hielo debe reducir el bloque de hielo a trozos de 1cm \* 1cm o más pequeño; por lo que el área de corte es:

$$A_c = 1 * 1 = 1 [cm^2]$$

---

<sup>17</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 2; 3ª edición, ecuación 2-11 ; pág. 40.

El bloque de hielo que se va a picar tiene 370mm de ancho, 160mm de alto y 1000mm de largo. Para picar el bloque de hielo las cuchillas se colocan separadas entre ellas 10mm para cubrir el ancho del bloque; para esto se realizó pruebas de campo; en la figura 4. 4 se muestra la disposición de las cuchillas.



**Figura 4.4.** Disposición de las cuchillas.

La disposición de las cuchillas indica que se va cortar 18 áreas al mismo tiempo, por tanto el área total es:

$$A_c = 1 * 18 = 18 [cm^2] = 1800mm^2$$

Se despeja la ecuación (4.4) la fuerza de corte tenemos:

$$F_c = \tau * A_c$$

$$F_c = 0.334 \frac{N}{mm^2} * 1800mm^2 = 601.2[N]$$

## **4.2 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA QUE SE REQUIERE.**

Para la determinación de la potencia que requiere la picadora de hielo se utiliza las siguientes formulas.

$$P_c = F_c * V_c \quad \text{Ec. (4.4)}^{18}$$

Donde:

$F_c$ = fuerza de corte [N]

$V_c$ = velocidad de corte [m/min]

La velocidad de corte es la distancia que recorre el filo de corte de la herramienta al pasar en dirección del movimiento principal respecto a la superficie que se trabaja; la velocidad de corte puede ser rotativa o alternativa, en el primer caso.

La velocidad de corte o velocidad lineal relativa entre pieza y herramienta corresponde a la velocidad tangencial en la zona que se está efectuando el desprendimiento de la viruta, es decir, donde entran en contacto herramienta, pieza y debe irse en el punto desfavorable.

$$V_c = \pi D n \quad \text{[m/min]} \quad \text{Ec. (4.5)}^{19}$$

Donde:

$D$  = diámetro correspondiente a la pieza o herramienta [m].

$n$  = numero de revoluciones por minuto a que gira la pieza o la herramienta [rpm].

Para cumplir con los requerimientos de capacidad de la máquina, se asume que para obtener los trozos de hielo de 10mm se necesita 2 rpm por cada 10mm de hielo picado; entonces de acuerdo a este análisis para picar el bloque de hielo de 1000mm se requiere aproximadamente 2000rpm.

Se considera que en el mercado local existen motores de 1750rpm, se trabajara para el diseño con estas revoluciones.

Para obtener el diámetro de la herramienta que se requiere se procede a obtener el diámetro equivalente con la ecuación 4.6. En la figura 4.5 se muestra la forma de la cuchilla y sus dimensiones.

---

<sup>18</sup> VELASTEGUI TITO;Folleto de Tecnología Mecánica, Tomo 1,Capitulo 9, pág. 108.

<sup>19</sup> VELASTEGUI TITO;Folleto de Tecnología Mecánica, Tomo 1,Capitulo 9, pág. 109.

$$de = 0.808 * (0.707 * h * l)^{1/2} \quad \text{Ec. (4.6)}^{20}$$

Donde:

h= altura

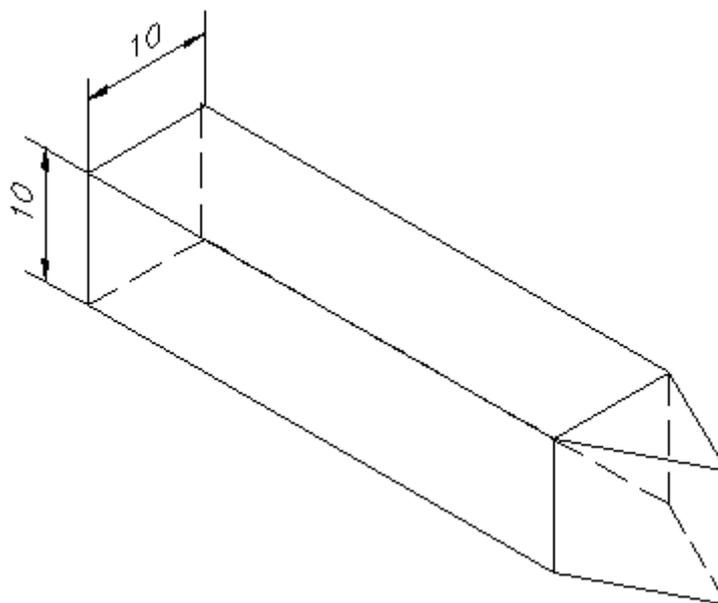
l= longitud

$$de = 0.808 * (0.707 * 10 * 10)^{1/2}$$

$$de = 6.79mm$$

El diámetro equivalente que se obtiene es de una cuchilla, como en el diseño se utiliza 18 herramientas de corte al mismo tiempo entonces:

$$de_i = 6.79 * 18 = 122.29mm$$



**Figura 4.5.** Dimensiones de la cuchilla.

Por tanto la velocidad de corte que se necesita para picar el hielo es:

$$V_c = \pi * 0.12 * 1750 = 549.7 \left[ \frac{m}{min} \right]$$

Se utiliza la ecuación 4.4 para obtener la potencia.

<sup>20</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, ecuación 7-16 ; pág. 313.

$$P_c = 601,2[N] * 549,7 \left[ \frac{m}{min} \right] * \left[ \frac{1 min}{60seg} \right] = 5506,2 \left[ \frac{Nm}{seg} \right]$$

La potencia transformada en hp es:

$$P_c = 7.4hp$$

La potencia nominal ( $P_n$ ), se obtiene dividiendo para el valor del coeficiente de rendimiento ( $\eta$ ) según la calidad de la máquina. Para el valor de  $\eta$  ver tabla ANEXO 4.

$$P_n = \frac{P_c}{\eta} \quad \text{Ec. (4.7)}^{21}$$

$$P_n = \frac{7.4hp}{0.90} = 8.2[hp]$$

En el mercado no existen motores de 8 hp por lo que se utiliza un motor eléctrico trifásico de 10hp de potencia para llevar a cabo el trabajo con un funcionamiento óptimo.

### 4.3 DETERMINACIÓN DEL TORQUE

$$P_n = T * \omega \quad \text{Ec. (4.8)}$$

$P_n$ =potencia nominal [W]

$T$ = torque [Nm]

$\omega$  = velocidad angular [rad/s]

$$\omega = 1750 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1rev} * \frac{1 min}{60s} = 183 \left[ \frac{rad}{s} \right]$$

Utilizando la ecuación 4.8 el torque es igual a:

$$T = \frac{P_n}{\omega} = \frac{7460}{183} = 40.8[Nm]$$

---

<sup>21</sup> VELASTEGUI TITO;Folleto de Tecnología Mecánica, Tomo 1,Capitulo 9, pág. 108.

### 4.3 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA.

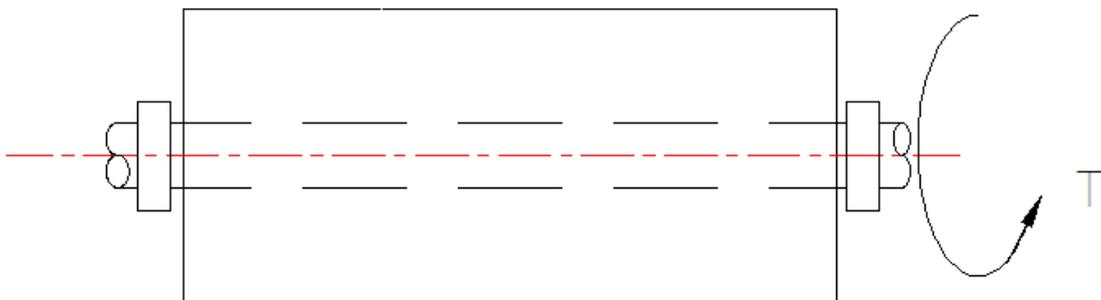
La picadora de hielo está conformada por, un eje motriz, cilindro, cuchillas, estructura de alimentación de los bloques de hielo, estructura soporte, motor eléctrico.

#### 4.3.1 DISEÑO DEL CILINDRO.

Para encontrar el diámetro del cilindro se debe tomar en cuenta el diseño estático, y el diseño dinámico.

##### 4.3.1.1 Diseño Estático.

Para el diseño estático se utiliza la teoría de energía de distorsión. En la figura 4.6 se muestra las fuerzas al que está sometido el cilindro.



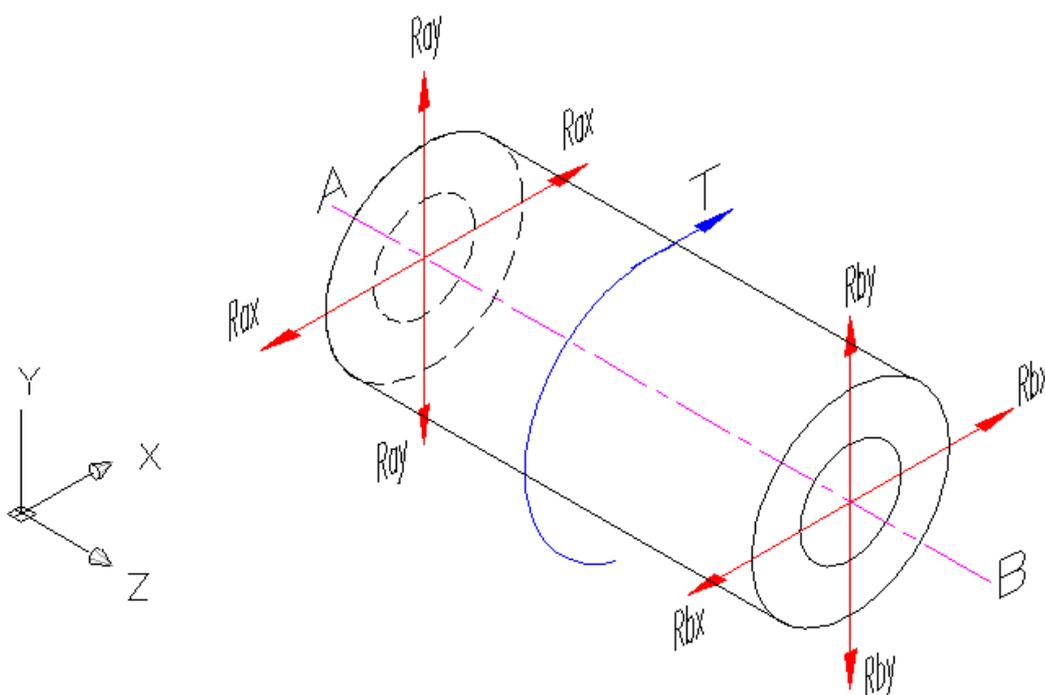


Figura 4.6. Fuerzas que actúan en el cilindro.

$$\tau = \frac{T * r}{J} = \frac{T * d_{ext} / 2}{\pi / 32 (d_{ext}^4 - d_{int}^4)} \quad \text{Ec. (4.9)}^{22}$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante

T= torque

Ra= reacciones en el punto A.

Rb= reacciones en el punto B.

$D_{ext}$ = diámetro exterior del cilindro.

$D_{int}$ = diámetro interior del cilindro.

$$\sigma_{A;B} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \left( \sqrt{\left( \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \right) \quad \text{Ec. (4.10)}^{23}$$

<sup>22</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 2; 3ª edición, ecuación 2-47; pág. 73.

<sup>23</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 2; 3ª edición, ecuación 2-9; pág. 34.

Donde:

$\sigma$  = esfuerzo normal

Se aplica las ecuaciones 4.10 y 4.9 se obtiene los esfuerzos normales.

$\sigma_x$  y  $\sigma_y = 0$  el cilindro está sometido a torsión.

$$\sigma_{A,B} = \pm \sqrt{\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{A,B} = \pm \tau_{xy}$$

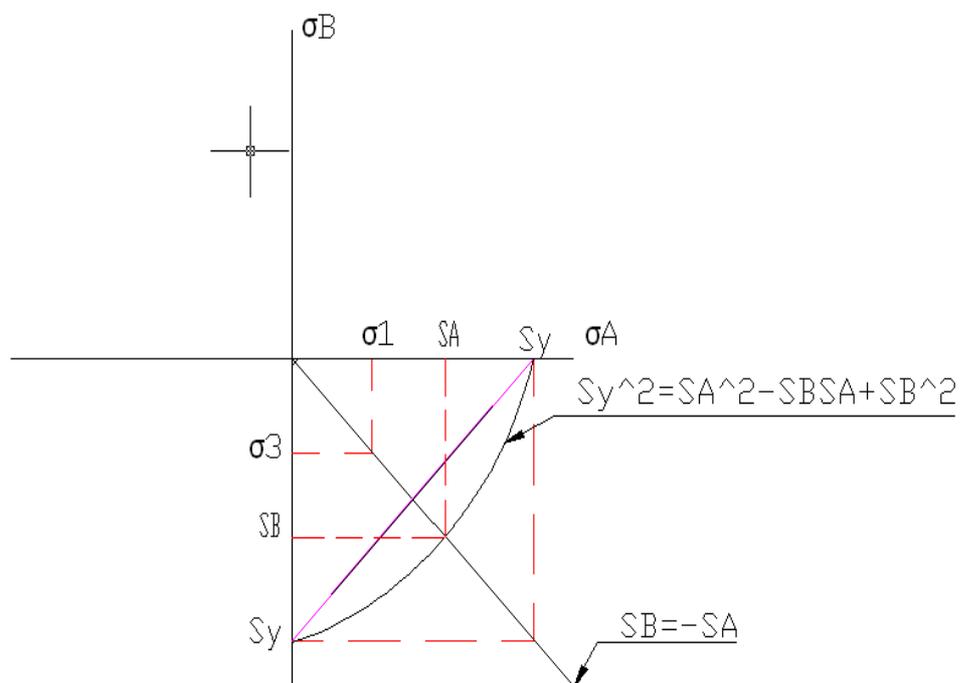
$$\sigma_A = \tau_{xy} = \sigma_1$$

$$\sigma_B = -\tau_{xy} = \sigma_3$$

Donde:

$\sigma_1, \sigma_2$  = Esfuerzos principales.

De acuerdo a la energía de distorsión tenemos la figura 4.7



**Figura 4.7.** Figura del análisis aplicando la teoría de la Energía de Distorsión.

La ecuación de la recta es:

$$S_B = \frac{-\sigma_3}{\sigma_1} * S_A \quad \text{Ec. (4.11)}$$

La ecuación de la curva es:

$$S_y^2 = S_A^2 - S_A S_B + S_B^2 \quad \text{Ec. (4.12)}^{24}$$

Donde:

$S_B$  Y  $S_A$  = son resistencia.

$S_y$  = resistencia a la fluencia del material. [N/mm<sup>2</sup>]

Se reemplaza en la ecuación 4.11 en la ecuación 4.12.

$$S_y^2 = S_A^2 - (-S_A) * S_A + S_A^2$$

$$S_y = \sqrt{3} * S_A$$

Se conoce que:

$$n = \frac{S_A}{\sigma_A} \quad \text{Ec. (4.13)}^{25}$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad estático.

Se aplica la ecuación 4.13

$$n = \frac{S_y}{\tau_{xy}},$$

---

<sup>24</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 6; 3ª edición, ecuación 6-11; pág. 249.

<sup>25</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 6; 3ª edición, ecuación 6-1; pág. 241.

$$n^* \frac{T d_{ext} / 2}{\pi / 32 (d_{ext}^4 - d_{int}^4)} = \frac{S_y}{\sqrt{3}}$$

Un valor aproximado del  $d_{ext}$  del cilindro porta cuchillas se puede obtener del siguiente análisis. Las medidas del bloque de hielo son 160x370x1000mm; el cilindro porta cuchillas debe cubrir los 160mm de altura.

Como se puede ver en figura 4.8 la longitud de arco que contiene al bloque de hielo debe ser 160mm.

Entonces;

$$s = \theta * r, \text{ donde,}$$

$s$  = longitud de arco.

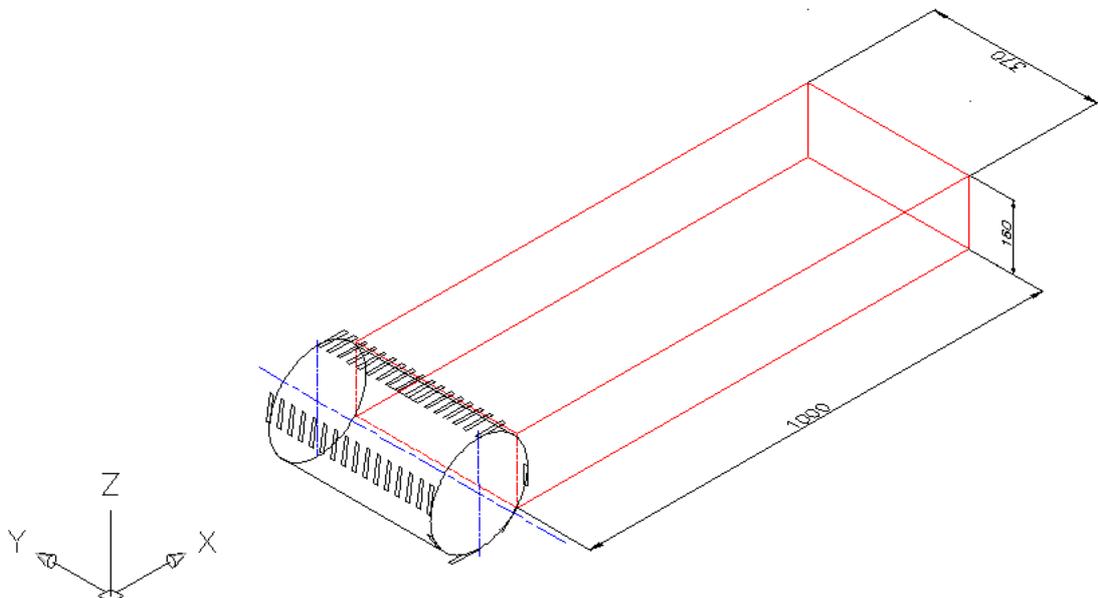
$r$  = radio del cilindro.

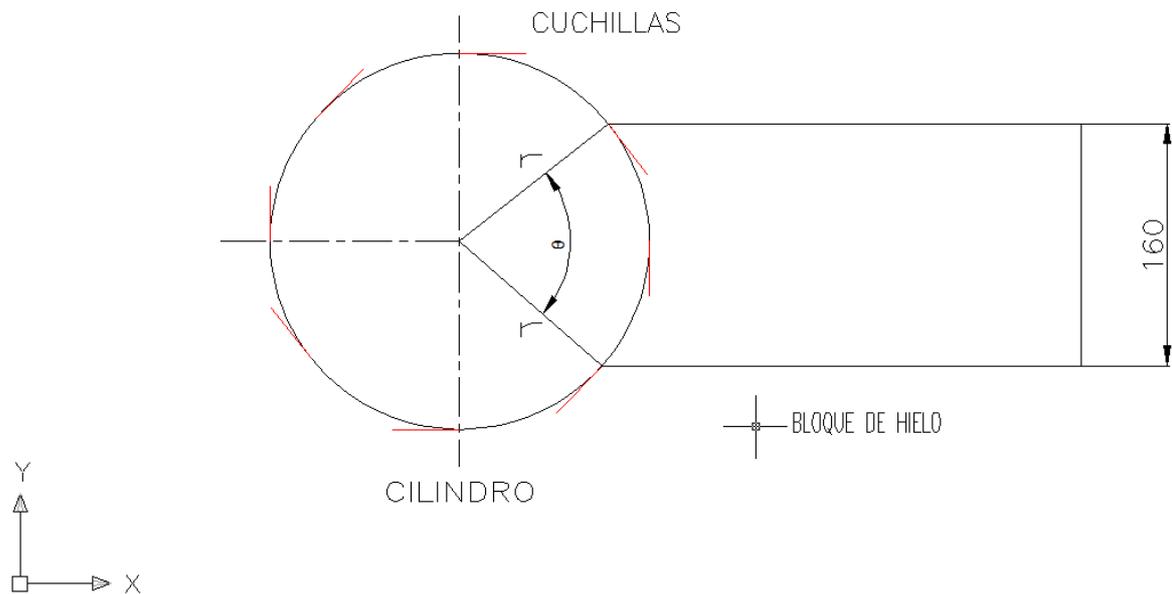
$\theta$  = Angulo en radianes.

$$\theta: r = \pi / 2$$

$$r = \frac{s}{\theta} = \frac{160mm}{\pi/2}$$

$$r = 102mm$$





**Figura 4.8.** Longitud de arco que contiene al bloque de hielo.

Se realiza un proceso iterativo, se tiene como dato aproximado el diámetro exterior; con lo cual se procede a calcular el factor de seguridad estático. En la tabla 4.3 se presenta los diferentes valores del factor de seguridad  $n$ . En el ANEXO 5 se encuentra los valores de  $S_y$ .

$$n = \frac{S_y * (\pi / 32) * (d_{ext}^4 - d_{int}^4)}{T(d_{ext} / 2) * \sqrt{3}}$$

**Tabla 4.3** Valores del factor de seguridad  $n$ .

Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Diámetro interior (mm)	Factor de seguridad (n)
114.3	6.02	108.28	242.1
141.3	6.55	134.75	406.4
168.3	7.11	161.19	629.7
219.1	8.18	210.92	1236.9

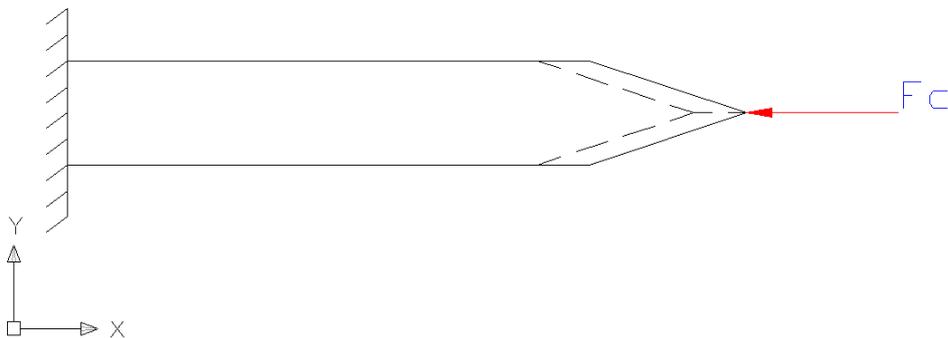
Fuente: PROPIA

Elaborado Por: CHICAIZA - CHUNGANDO

Este factor de seguridad es alto por lo que justifica que no falle estáticamente ni dinámicamente. Debido a que el diámetro del cilindro debe cubrir por lo menos el alto del bloque del hielo, se elige el cilindro de diámetro exterior de 219.1mm con espesor de 8.18mm.

#### 4.3.2 DISEÑO DE LA CUCHILLA.

En la figura 4.8 se observa la fuerza a la que está sometida la cuchilla.



**Figura 4.9.** Fuerzas que actúan en la cuchilla.

Para un acero para herramientas, cuyas propiedades mecánicas son:

$$S_{ut} = 115 \text{ Kpsi}$$

$$S_y = 78 \text{ Kpsi}$$

Se realiza el diseño con estos datos.

##### 4.3.2.1 Diseño Estático:

Se aplica la Ecuación 4.12 y 4.13 para obtener el factor de diseño estático.

$$F_c = 601.2[\text{N}]$$

$$A = 100 [\text{mm}^2]$$

$$\sigma = \frac{F_c}{A} = \frac{601.2}{1 \cdot 10^{-4}} = 6012000 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$n = \frac{537420000}{6012000} = 89$$

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

### 4.3.3 DISEÑO DEL EJE

El eje se diseña estáticamente y dinámicamente, se conoce como datos la potencia nominal, torque y la velocidad angular.

#### TORQUE - PAR MOTOR

$$P_n = T \times W$$

$$T = \frac{P_n}{W}$$

Donde:

$P_n$  = Potencia nominal

$$P_n = 10Hp = 7460 \frac{Nm}{s}$$

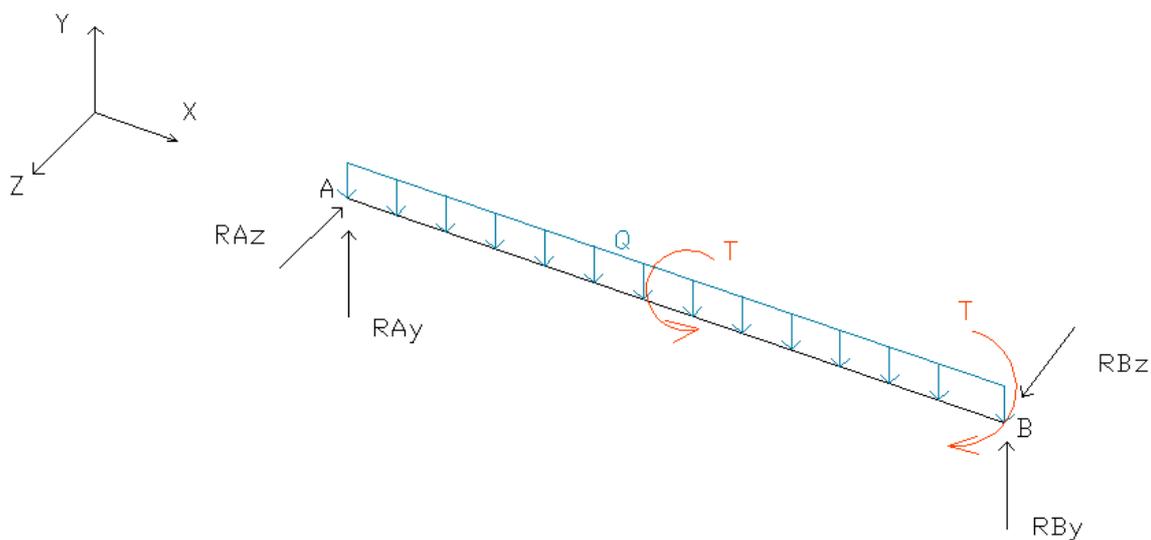
$$W = 1750rpm = 183 \frac{rad}{s}$$

$$T = 40.8Nm = 4076.5Ncm$$

#### 4.3.3.1 Diseño del Eje (Estático)

Para el diseño del eje se considera que se encuentra acoplado a un motor eléctrico, el mismo que transmite la potencia necesaria al cilindro porta cuchillas apoyado sobre dos rodamientos los mismos que absorben la fuerza radial. Para el diseño del eje motriz se aplica la ecuación 4.14.

## Diseño del eje motriz



**Figura 4.10.** Diagrama de cuerpo libre del eje.

$$Q = Wc + Fc$$

$$Q = 1063.8 \frac{N}{cm}$$

Ec. (4.14)

$$Wc = 462.56 \text{ (N)}$$

Donde:

$Q$  = Carga uniforme distribuida

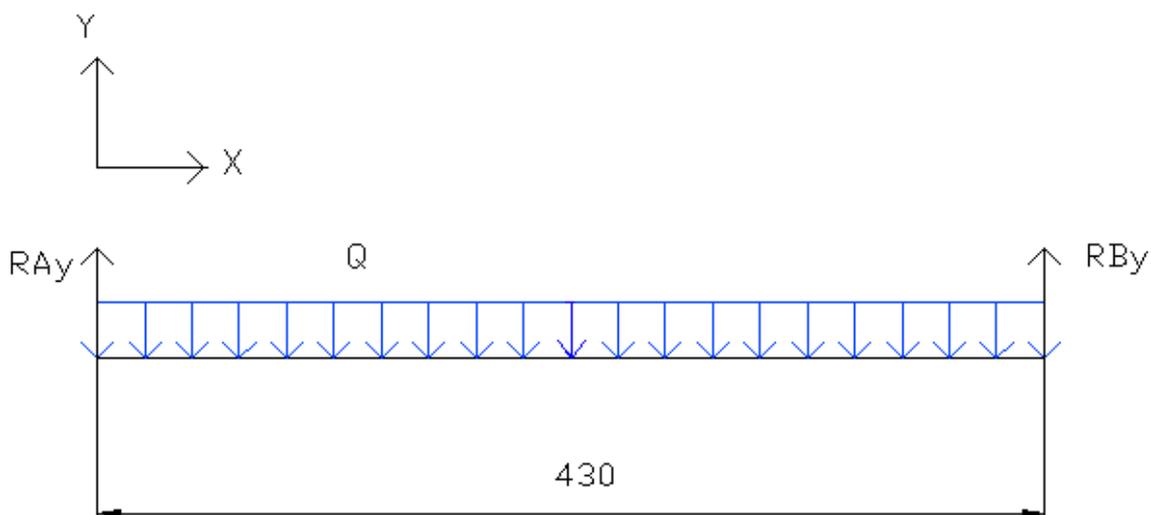
$Fc$  = Fuerza de corte 601.2 (N)

$L$  = Longitud del eje (cm)

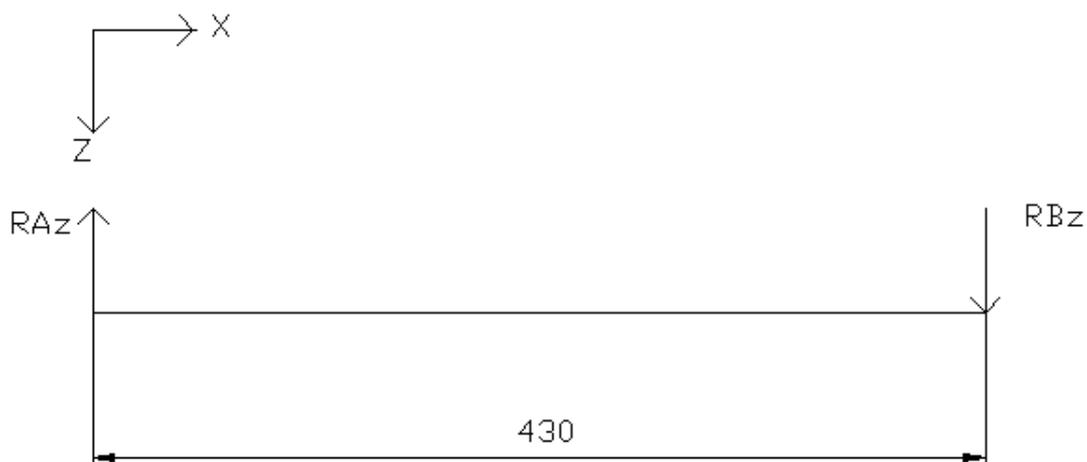
$Wc$  = Peso del cilindro porta cuchillas.

## Determinación de cargas sobre el eje

Se aplica las ecuaciones de equilibrio en las figuras (4.11) y (4.12) y halla las incógnitas.



**Figura 4.11.** Fuerzas que actúan en el eje en el plano Y – X



**Figura 4.12.** Fuerzas que actúan en el eje en el plano Z – X

Se realiza la sumatoria de fuerzas en los planos Y-X y el plano Z-X, para obtener las reacciones en cada uno de los apoyos.

Donde:

$R_{By}$  = reacción en el punto B.

$R_{Ay}$  = reacción en el punto A.

$R_{Bz}$  = reacción en el punto B.

$R_{Az}$  = reacción en el punto A.

Para el plano Y – X

$$\sum F_y = 0$$

$$Q = RA_y + RB_y$$

Por se carga uniforme.

$$RA_y = RB_y = \frac{Q}{2}$$

$$RA_y = RB_y = \frac{1063.8}{2} = 532[N]$$

El Momento Máximo es:

$$M_{máx} = RB_y * \frac{L}{2} = \frac{Q}{2} * \frac{L}{2} = \frac{L * Q}{4}$$

$$M_{máx} = 114358.5 \left[ \frac{N}{cm} \right]$$

Para el plano Z – X

$$\sum F_z = 0$$

$$RA_z = RB_z$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-RB_z * 415 = 0$$

$$RB_z = 0$$

$$RA_z = 0$$

### Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano X – Y

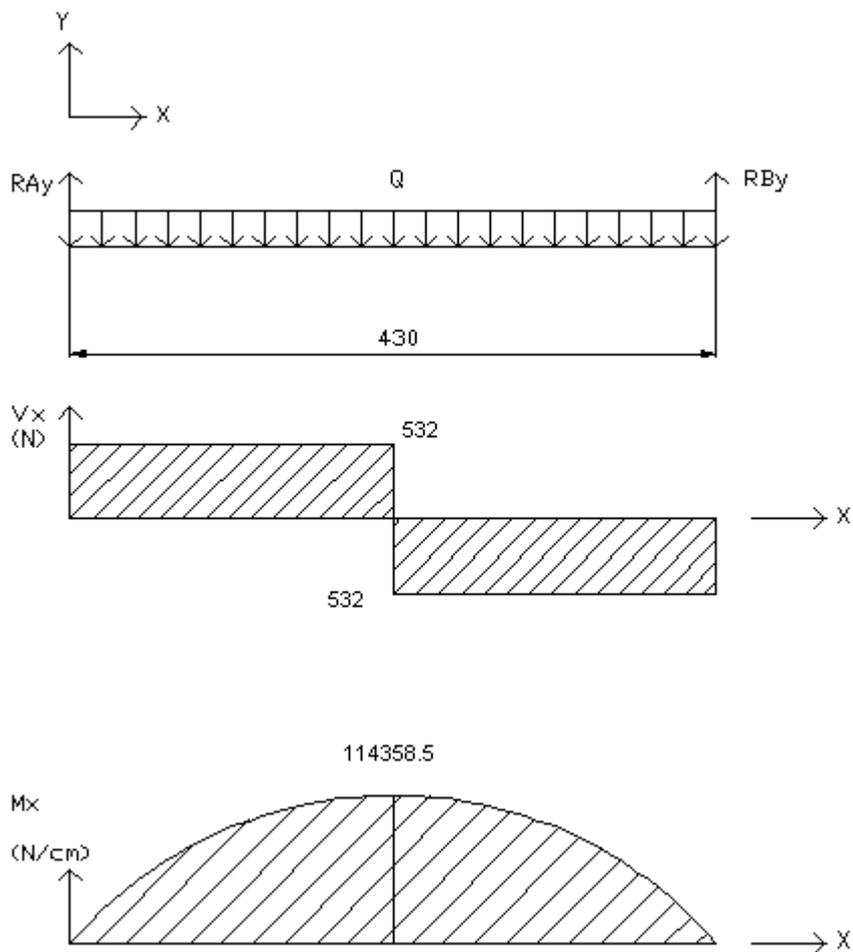


Figura 4.13. Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector del eje en el plano Y – Z

### Momento Torsor

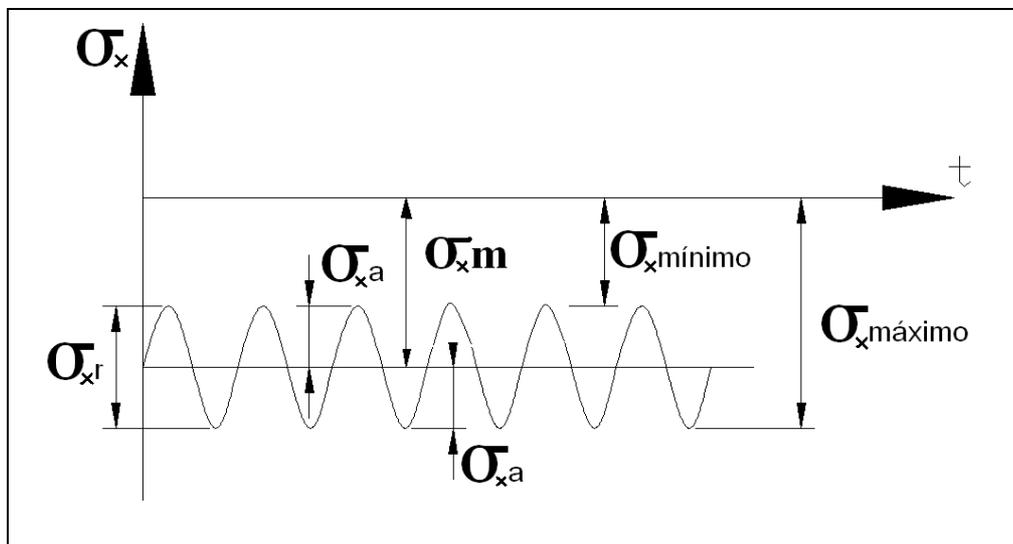
El momento torsor se encuentra ubicado en el plano Y – Z según el eje de referencia que se asume y es igual a:

$$T = 4076.5 \text{ N/cm}$$

### Material base del eje

En muchos casos se necesita determinar la resistencia de piezas correspondiente a estados de esfuerzo diferentes. En muchos casos los esfuerzos

fluctúan sin pasar por cero. En la figura 4.14 muestra la relación esfuerzo – tiempo que se puede presentar.



**Figura 4.14.** Relación esfuerzo – tiempo. Esfuerzos Medios y Alternantes<sup>26</sup>.

Se tiene como punto de partida para el diseño del eje, el cálculo del diámetro mínimo del mismo. Para luego aplicar el diseño por fatiga.

El material que se ha seleccionado para los ejes es un acero de transmisión SAE 1018, el mismo que tiene aplicaciones en tuercas, pernos, piezas de máquinas pequeñas, eje para motores y transmisión de potencia, etc., además por sus propiedades mecánicas y bajo costo es el más adecuado.

Las propiedades mecánicas del acero SAE 1018 son las siguientes:

$$S_{ut} = 59780 \text{ N/cm}^2$$

$$S_y = 30380 \text{ N/cm}^2$$

$$d_{\min} = \left[ \frac{32n}{\pi * S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad \text{Ec. (4.15)}^{27}$$

<sup>26</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, Figura 7-22; pág. 330.

Donde:

n:	Factor de seguridad	=	2
M:	Momento flector	=	114358.5 N/cm <sup>2</sup>
T :	Momento torsor	=	4076.5 N/cm <sup>2</sup>
Sy:	Resistência de fluência	=	30380 N/cm <sup>2</sup>

El momento flector (M) se elige de la figura 4.13 correspondiente al valor máximo del eje; al sustituir los valores en la ecuación 4.15 se obtiene:

$$d = 42.5\text{mm}$$

#### 4.3.3.2 Diseño del eje (Fatiga)

Considerando la ecuación de fatiga de materiales se tiene:

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e \quad \text{Ec.(4.16)}^{28}$$

Para aceros:

$$S_e' = 0.5 S_{ut} = 29890 \text{ N/cm}^2 \quad \text{Ec.(4.17)}^{29}$$

Los factores correspondientes a corrección por fatiga son:

$K_a$  = factor de superficie = 0.9

$K_b$  = factor de tamaño = 1.0

$K_c$  = factor de confiabilidad = 1

$K_d$  = factor de temperatura = 1

$K_e$  = factor de concentración de esfuerzos =  $1/K_f$

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1) \quad \text{Ec.(4.18)}$$

$q$  = sensibilidad a las ranuras = 0.5

$K_t$  = factor teórico de concentración de esfuerzos = 1.6

<sup>27</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 15; 3ª edición, ecuación 15-1(d); pág. 249.

<sup>28</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, ecuación 7-15; pág. 307.

<sup>29</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 6; 3ª edición, ecuación 7-1; pág. 294.

Al resolver la ecuación 4.18 se tiene:

$$K_f = 1.3$$

$$K_e = 0.8$$

Resuelta la ecuación 4.16 se tiene:

$$S_e = 21520.8 \text{ N/cm}^2$$

El eje está sometido a flexión y torsión, en consecuencia se tiene:

$$2\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{M * S_{ut}}{T * S_e}\right) = 89.3^\circ$$

$$\sigma_a = \frac{32M * \text{sen}2\alpha}{\pi * d^3} = 15183 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_m = \frac{32T * \text{cos} 2\alpha}{\pi * d^3} = 6.62 \text{ N/cm}^2$$

Se aplica la ecuación de Goodman modificada se tiene

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad \text{Ec.(4.19)}$$

$$n = 1.44$$

El valor obtenido del factor de seguridad garantiza que el eje de transmisión no falle por fatiga.

#### 4.3.4 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

En ésta sección se estudia y selecciona los rodamientos que intervienen en la máquina. Se calcula la reacción radial mayor sobre los apoyos mediante la siguiente relación:

$$R_r = \sqrt{R_A^2 + R_B^2} \quad \text{Ec.(4.20)}$$

Donde:

$R_A$  y  $R_B$  son fuerzas que van actuar en el rodamiento.

Entonces se tiene:

$$R_A = 532 \text{ (N)}$$

$$R_B = 532 \text{ (N)}$$

Son cargas de igual magnitud (carga radial pura), por lo que se puede diseñar indistintamente un solo tipo de rodamiento para cualquier apoyo. Para esto se calcula la capacidad de carga dinámica mediante la relación:

$$L_{10} = \frac{1000000}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad \text{Ec.(4.21)}^{30}$$

Donde:

$L_{10}$  = Duración nominal en horas de servicio = 20000 (industrial)

$C$  = Capacidad de carga dinámica

$P$  = Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

$p$  = Exponente de la fórmula de duración = 3 (rodamiento de bolas)

$n$  = Velocidad de rotación = 2000 rpm

Entonces el valor de seguridad de carga está dado por:

$$C/P = 13$$

Puesto que el rodamiento está sometido a carga radial pura  $P = R_A = 532 \text{ (N)}$

Entonces:

$$C \geq 13P = 6916 \text{ (N)}$$

Para un diámetro mayor a 42 mm se elige el rodamiento con la designación 61909 SKF.

---

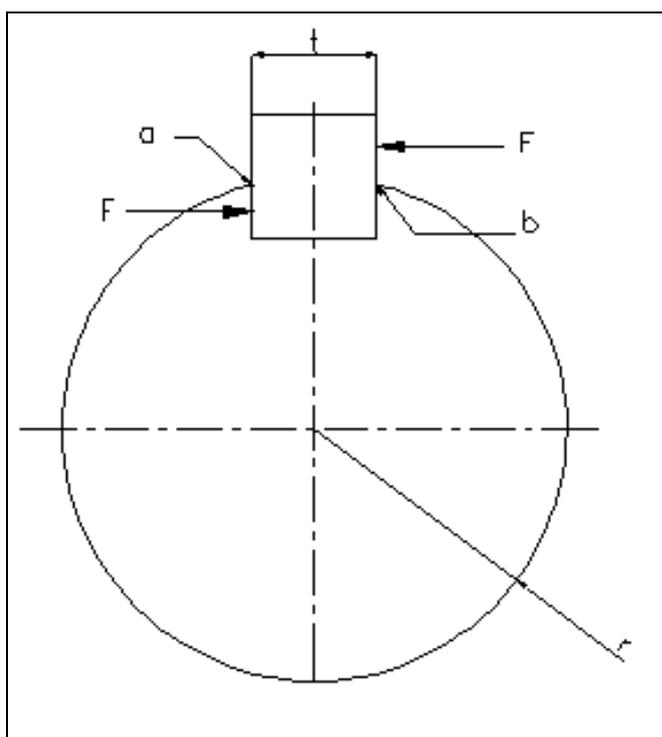
<sup>30</sup> Manual de la Skf, Internet, [www.rodamientosvera.com/CatálogoSKF/tabid/1557/ctl/Login/Default.aspx](http://www.rodamientosvera.com/CatálogoSKF/tabid/1557/ctl/Login/Default.aspx) - 19k -

### 4.3.5 DISEÑO DE LA LENGÜETA

El diseño se basa en una resistencia de fluencia, con un factor de seguridad de 3, considerando un diámetro de 0.023m del eje de acople al motor, se escoge una chaveta rectangular de 1/4 x 3/16 de pulg. (ver Tabla ANEXO 6), usando como material acero SAE 1018 cuyas características se aprecian en el ANEXO 7.

$$S_y = 276.2\text{MPa}$$

El torque total de la máquina,  $T = 40.80\text{Nm}$  es igual al momento de rotación  $T$ .



**Figura 4.15.** Fuerzas que actúan sobre la lengüeta.

En la figura 4.14, la fuerza tangencial  $F$  en la superficie del eje es:

$$F = \frac{T}{r} \quad \text{Ec.(4.22)}$$

$$F = \frac{40.8}{0.0115} = 3547.8$$

Según la ecuación 4.22, la resistencia al cortante es:

$$S_{sy} = 0.577 * S_y \quad \text{Ec.(4.23)}^{31}$$

$$S_{sy} = 0.577 * 276.2$$

$$S_{sy} = 159.4 \text{ MPa}$$

La falla por corte a través del área ab originará un esfuerzo  $\tau = F/(w*l)$ .

Se sustituye  $\tau$  por la resistencia dividida entre el factor de seguridad, resulta:

$$\frac{S_{sy}}{n} = \frac{F}{w * l} \quad \text{Ec. (4.24)}^{32}$$

Al despejar la longitud de la chaveta, se tiene:

$$l = \frac{F * n}{S_{sy}} = \frac{3547.8 * 3}{159.4 * 0.00635}$$

$$l = 0.01 \text{ m.}$$

Por otro lado, la resistencia al aplastamiento se determina con un área igual a la mitad de la cara de la cuña.

$$l = \frac{F * n}{S_y * 0.5 * h} \quad \text{Ec.(4.25)}$$

---

<sup>31</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, ecuación (b); pág. 352.

<sup>32</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, ecuación ; pág. 425.

Se utiliza la ecuación 4.25 y se obtiene la longitud de la lengüeta.

$$l = \frac{3547.8 * 3}{276.2 * 0.5 * 0.0047625} = 0.015m$$

Si la lengüeta tuviera una longitud mayor, tendría por consiguiente amplia resistencia. En consecuencia, para el presente caso se utiliza una lengüeta de longitud normalizada de 36mm.

#### **4.3.6 DISEÑO DE LAS JUNTAS SOLDADAS.**

El análisis para el diseño de las soldaduras se realiza en base al diseño estático y dinámico de las juntas soldadas entre el eje motriz y el cilindro porta cuchillas.

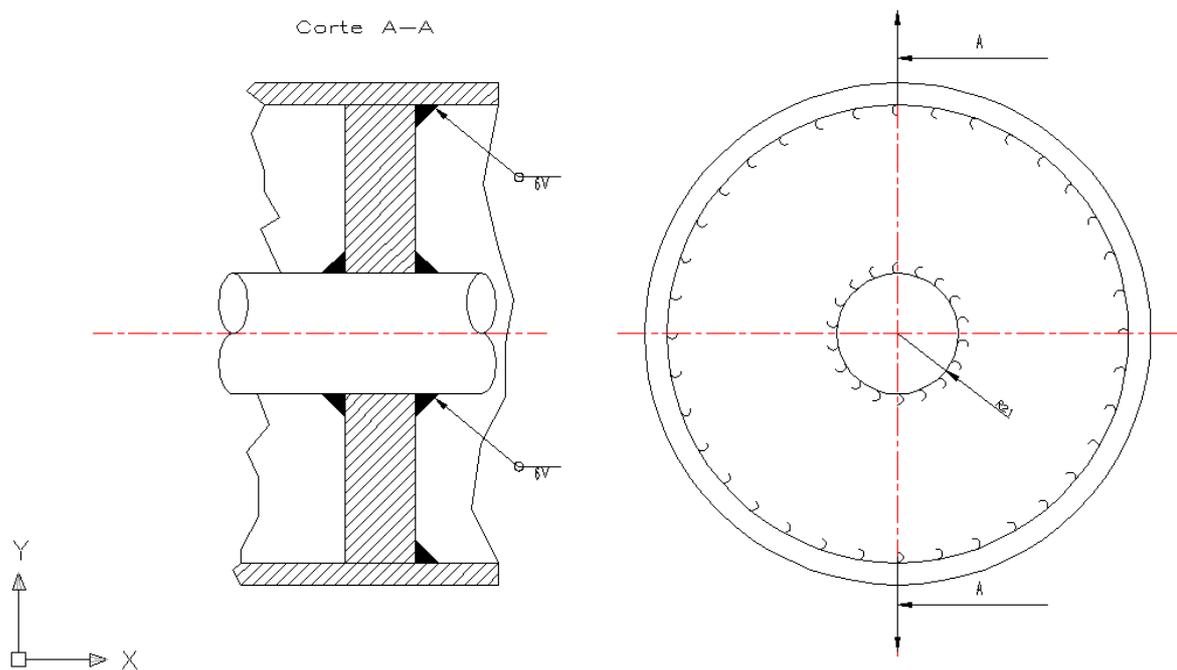
##### **4.3.6.1 Diseño estático de las juntas soldadas entre el eje motriz y el cilindro porta cuchillas.**

Para el diseño estático de las juntas soldadas se consideran las cargas que soporta el eje motriz, y los momentos que se producen. En la figura 4.15 se muestra las direcciones de las fuerzas, cuyos valores son:

$$R_{AY} = 2636[N]$$

$$R_{BY} = 2636[N]$$

$$T = 37.57 [Nm]$$



**Figura 4.16.** Cargas que actúan sobre la soldadura.

Se debe calcular el esfuerzo cortante primario debido a las  $R_{AY}$ ,  $R_{BY}$  y  $T$ . Como se indica en la figura 4.15, las placas esta unido al eje motriz por medio de dos juntas a filete de 0.006m asumidas para el cálculo. A partir del caso 6 de la tabla ANEXO 8 se determina el área de garganta.

$$A = 1.414 * \pi * h * r \quad \text{Ec.(4.26)}^{33}$$

Donde:

$h$  = Altura de la sección soldada.

$r$  = Radio

$$A = 1.414 * \pi * 0.006 * 0.021 = 5.59 * 10^{-4} [m^2]$$

Se aplica de nuevo el caso 6 de la tabla ANEXO 8, se obtiene el segundo momento polar de área unitario  $J_u$ .

<sup>33</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 9; 3ª edición, tabla 9-1; pág. 449.

$$J_u = 2 \cdot \pi \cdot r^3 \quad \text{Ec.(4.27)}$$

$$J_u = 2 \cdot \pi \cdot (0.021)^3 = 5.81 \cdot 10^{-5} [\text{m}]^3$$

Para obtener los valores correspondientes del segundo momento polar de área del grupo de juntas J:

$$J = 0.707 \cdot h \cdot J_u \quad \text{Ec.(4.28)}$$

$$J = 0.707 \cdot 0.006 \cdot 5.81 \cdot 10^{-5} = 2.47 \cdot 10^{-7} [\text{m}]^4$$

Al aplicar la ecuación 4.28 se determina el esfuerzo de corte primario total para el metal soldante:

$$\tau_1 = \frac{R_{AY}}{A} + \frac{M \cdot r}{J} \quad \text{Ec.(4.29)}$$

$$\tau_1 = \frac{2636}{5.59 \cdot 10^{-4}} + \frac{40.8 \cdot 0.021}{2.47 \cdot 10^{-7}} = 8.1 [\text{MPa}]$$

El esfuerzo total es  $\tau = 8.1 [\text{MPa}]$

Las propiedades mecánicas de las placas de acople corresponden a un acero ASTM A36.

$$S_y = 248 \text{MPa}$$

$$S_{ut} = 400 \text{MPa}$$

Se puede utilizar las mismas propiedades mecánicas para el metal soldante.

Se utiliza la ecuación 4.30 para obtener el factor de seguridad estático.

$$n = \frac{0.577 \cdot S_y}{\tau} \quad \text{Ec.(4.30)}$$

$$n = \frac{0.577 \cdot 248}{8.1} = 17.4$$

#### 4.3.6.2 Diseño Dinámico de las Juntas soldadas entre Eje Motriz y el cilindro porta cuchillas.

Se emplea la ecuación 4.18, se halla el límite de fatiga por viga rotatoria.

$$S_e' = 0.5 * S_{ut}$$

$$S_e' = 0.5 * 400 = 200 [\text{MPa}]$$

En las uniones soldadas se utiliza una superficie basta, para encontrar el factor de superficie que modifica la resistencia se aplica la ecuación 4.31. Donde  $a = 272 \text{MPa}$  y  $b = -0,995$ .

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad \text{Ec.(4.31)}$$

$$K_a = 272 / (400)^{-0.995} = 0.702.$$

Para evaluar el factor de tamaño se emplea la ecuación 4.6 para obtener el diámetro equivalente.

$$d_e = 0.808 * (0.707 * h * l)^{1/2}$$

$$d_e = 0.808 * (0.707 * 0.006 * 2\pi * 0.021)^{1/2} = 0.003 [m]$$

Con la ecuación 4.32 se halla el factor de tamaño

$$k_b = 0.869 * d^{-0.097} \quad \text{Ec.(4.32)}^{34}$$

$$k_b = 0.869 * 0.003^{-0.097} = 1$$

---

<sup>34</sup> SHIGLEY J, Manual de Diseño Mecánico; Tomo 2; Capítulo 7; 3ª edición, ecuación 7-16; pág. 3.

Para el 50% de confiabilidad de la tabla ANEXO 9 se tiene que  $K_c=1$

Para el factor de temperatura  $K_d=1$ .

El factor de esfuerzos diversos, se determina considerando el factor  $k_f$  que vale 2.7 para el caso de filetes paralelos (ver tabla ANEXO 10).

$$k_e = \frac{1}{K_f}$$

$$k_e = \frac{1}{2.7} = 0.37$$

Según la ecuación 4.16 el límite a fatiga es:

$$S_{se}=200*0.702*1*1*1*0.37=52[\text{MPa}]$$

Los esfuerzos de corte en la junta son:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2}$$

$$\tau_a = \frac{7.9}{2} = 3.95[\text{MPa}]$$

Al resolver la ecuación 4.33 se tiene:

$$S_{su} = 0.67*S_{ut} \quad \text{Ec.(4.33)}$$

$$S_{su} = 0.67*400 = 268 [\text{MPa}]$$

Para el esfuerzo cortante, la línea de Goodman según la ecuación 4.34 es:

$$n = \frac{1}{\frac{\tau_a}{S_{se}} + \frac{\tau_m}{S_{su}}} = \frac{S_{se} * S_{su}}{\tau_a * S_{su} + \tau_m * S_{se}} \quad \text{Ec.(4.34)}$$

El factor de seguridad a fatiga del metal soldante es:

$$n = \frac{52 * 268}{3.95 * (268 + 52)} = 11$$

El factor de seguridad obtenido garantiza una estabilidad en los elementos soldados.

#### 4.3.7 SELECCIÓN DE PERNOS PARA EL ACOPLE EJE MOTRIZ Y MOTOR.

Los pernos que se va ha seleccionar están sometidos a corte.

En la figura 4.16 se muestra las fuerzas a las que están sometidos los pernos.

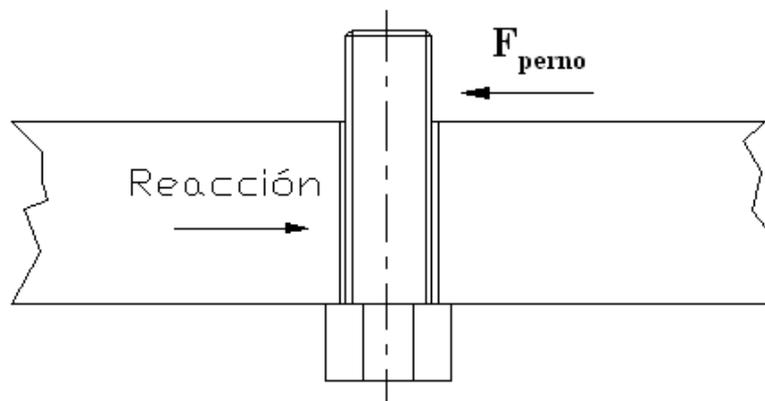


Figura 4.17. Fuerzas que soportan los pernos.

##### 4.3.7.1 Diseño a Corte.

Para obtener el número de pernos que se necesita para el acople del eje motriz y motor se utiliza la tabla del ANEXO 11. El número de tornillos son 4, M16.

La fuerza que soporta cada perno es de 1273.9 (N), este resultado se obtiene de la siguiente relación.

$$T = 4076.5(\text{N/cm})$$

$$F = 4076.5/0.8 = 5095.63 (\text{N})$$

Esta es la Fuerza total, como se considera que se utiliza cuatro pernos la fuerza de cada uno es 1273.9 (N)

El esfuerzo por corte es (ecuación 4.35):

$$\tau = \frac{F_{\text{perno}}}{A} \quad \text{Ec. (4.35)}$$

$$\tau = \frac{F_{\text{perno}}}{A} = \frac{4F_{\text{perno}}}{\pi d^2} = \frac{4(1273.9N)}{\pi(16 \times 10^{-3} m)^2} = \frac{5095.63}{0.00080} = 6369500 \frac{N}{m^2}$$

La resistencia de fluencia al corte:

$$S_{sy} = 0.577 S_y = 0.577 (100 \text{ Kpsi}) = 57.7 \text{ Kpsi}$$

El factor de seguridad es:

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau} = \frac{398 \text{ MPa}}{6.4 \text{ MPa}} = 62$$

El factor de seguridad satisface los requerimientos de diseño, por lo cual se escoge la cantidad de 4 pernos M16 para una brida de 150 mm de diámetro.

### 4.3.8 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

Para el cálculo de la estructura soporte se utilizo el software SAP2000, con la ayuda de este programa se verifico que:

- El diseño de la estructura soporte las cargas a las que está sometida.
- Los perfiles seleccionados resistan a las cargas que se van aplicar.

#### 4.3.8.1 Geometría de la estructura.

Los perfiles que se utilizan en la estructura son los siguientes:

Soporte motor, cilindro, eje:

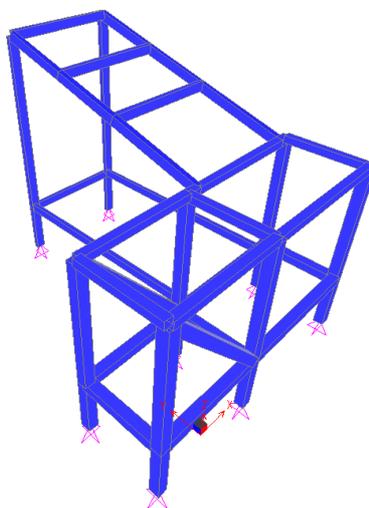
- Tubo estructural de 40x40x2
- Tubo estructural de 30x30x2

Soporte hielo:

- Tubo estructural de 40x20x2.

Los perfiles asignados se pueden encontrar en cualquier comercializadora de perfiles de la ciudad de Quito.

En la figura 4.18 se muestra la geometría del soporte de la estructura.



**Figura 4.18.** Estructura soporte.

#### **4.3.8.2 Cargas que actúan en la estructura soporte:**

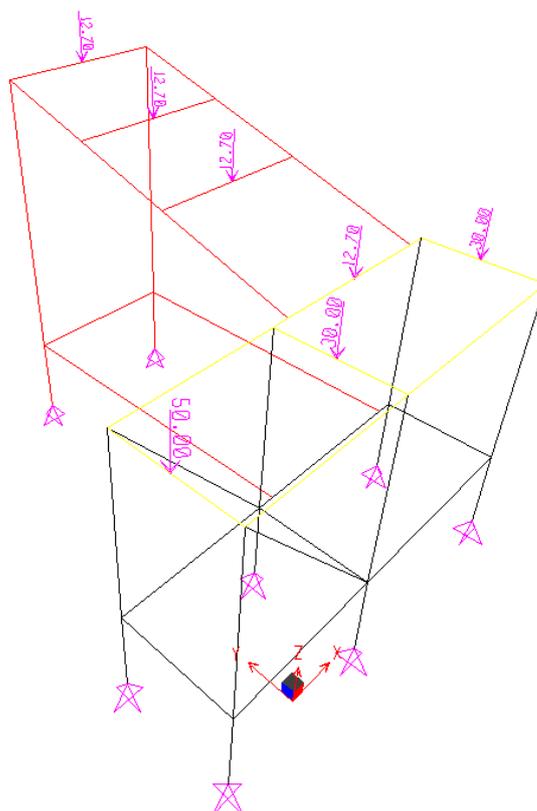
Cargas muertas.- Son aquellas que se mantienen en constante magnitud y con una posición fija durante la vida útil de la estructura; generalmente la mayor parte de las cargas muertas constituye el peso propio de la estructura, y puede calcularse con buena aproximación a partir de la configuración de diseño, de las dimensiones de la estructura y de la densidad del material. El peso propio depende de los perfiles que se utiliza, y se va distribuir en toda la estructura.

Otra carga a la que va estar sometida la estructura es el peso del cilindro, cuchillas, eje, motor y demás accesorios de la máquina, estos pesos son:

- Peso del motor se considera de 50kg.
- Peso del cilindro, eje, y demás accesorios, de 60 kg.
- Peso del bloque de hielo de 50.64 kg.

Se muestra las restricciones a la que va estar sometida la estructura.

En la figura 4.19 se muestra las cargas y las restricciones de la estructura.



**Figura 4.19.** Cargas aplicadas a la estructura soporte.

Los perfiles utilizados soportan las cargas a las que va estar sometida la estructura. Los detalles de los resultados del cálculo estructural se pueden apreciar en el ANEXO 12, además en los ANEXOS 13 y 14 se muestran los tipos de perfiles y planchas que se puede utilizar para la construcción.

Una vez realizado el diseño del prototipo se elaboran los planos de montaje y de taller de cada uno de los elementos diseñados.

Para la construcción del prototipo es necesario la elaboración de los respectivos planos de taller que contengan información clara y precisa, para lograr esto es necesario aplicar las normas para el dibujo mecánico, sin perder de vista la facilidad de aplicar procesos simples de construcción, selección de materiales normalizados existentes en el mercado local para la fabricación de cada uno de los elementos que constituye el prototipo.

La secuencia de los planos de taller está relacionada con el proceso de montaje del prototipo. Tanto los planos de conjunto como los de taller se presentan en el ANEXO 17.

## **CAPITULO V**

### **CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y ANALISIS DE COSTO**

#### **5.1 GENERALIDADES**

La máquina picadora de hielo diseñada es de fácil construcción, por tanto cualquier taller mecánico industrial donde existan todos los equipos y herramientas necesarias pueden construir cada uno de los elementos que conforman el prototipo.

Para la construcción de la máquina picadora de hielo uno de los factores importantes es la facilidad de adquisición de la materia prima en el mercado local, para luego obtener los elementos que conforman la picadora de hielo.

#### **5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.**

En la construcción de la máquina es necesario determinar:

- Requerimientos para la construcción:
- Maquinas y equipos que se va utilizar en la construcción.
- Herramientas.
- Instrumentos de medición y verificación.
- Materia prima
- Elementos seleccionados.
- Elementos a construir.
- Hoja de procesos.

### 5.2.1 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Para la construcción de la máquina picadora de hielo se utilizan equipos, herramientas, para la conformación de la misma, a continuación se detalla algunos de los equipos, herramientas, materia prima, elementos seleccionados, elementos a construir.

1. Máquinas y Equipos:

Cizalla, esmeril, torno, soldadora eléctrica, taladro, equipo de pintura.

2. Herramientas:

Brocas, útiles de tornear, escuadras, limas, martillo, llaves, rayador.

3. Instrumentos de medición y verificación:

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

4. Materia Prima.

Cilindro hueco, material para el eje, placas de acople, varilla cuadrada A36, tubo estructural.

5. Elementos normalizados y seleccionados.

Motor eléctrico de 10hp, rodamientos, chumaceras, pernos.

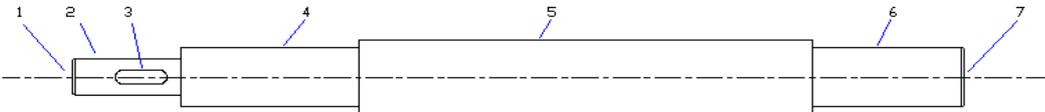
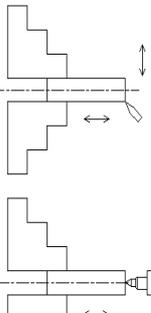
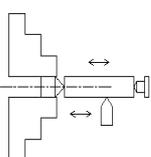
6. Listado de elementos a construir.

Eje principal, cuchillas, placas de acople.

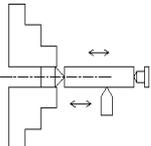
### **5.2.2 HOJA DE PROCESOS.**

Se realizara cuatro hojas de procesos de los elementos principales que conforman el prototipo en las que se detallaran cada uno de los procedimientos que se debe seguir para obtener los diferentes elementos que se va construir.

- Hoja de Procesos del Eje Principal
- Hoja de Procesos del Cilindro Porta cuchillas.
- Hoja de Procesos de Placas de Acople.
- Hoja de Procesos de Cuchillas.

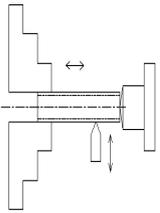
HOJA DE PROCESOS – 1*				ELEMENTO - 1					
EJE PRINCIPAL				Tiempo Total: horas					
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN				
	1	Eje Principal	Acero A 36	Ø 45 x 800	NINGUNA				
									
<p><b>Nota:</b> Poner a punto todas las operaciones * Hoja de procesos previa</p>									
FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
TORNO (1)	10	11	Refrentar en 7		600	Cc.	Cal.	5	6
		12	Centrar en 7		200	Bc.		2	3
	21	Refrentar en 1	600		Cc.	Cal.	5	6	
22	Centrar en 1	200	Bc.			2	3		
	30	31	Montar entre puntos		800	Cc.	Cal.	2	2
		32	Cilindrado final en 5 Ø = 43					28	30
		33	Cilindrado previo en 6 Ø = 38		600			15	20

## Hoja de Procesos-1 (continuación)

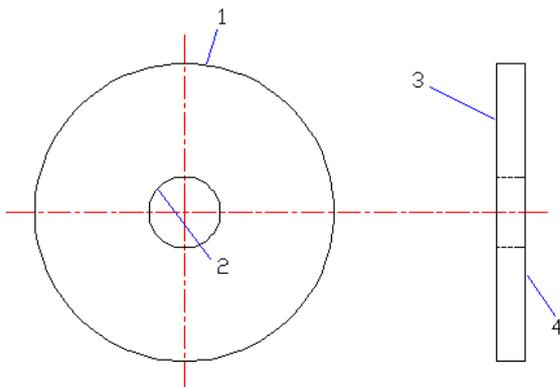
FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
TORNO (1)	30	34	Cilindrado previo en 4		600	Cc.	Cal.	15	20
		35	$\varnothing = 38$  Cilindrado previo en 2 $\varnothing = 35$					12	15
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA				
Bc.: Broca					E.P.N.				
Cc.: Cuchilla para cilindrar									

HOJA DE PROCESOS - 2					ELEMENTO - 2					
CILINDRO					Tiempo Total: horas					
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO		OBSERVACIÓN				
	1	Cilindro	Acero Inoxidable	$\varnothing$ ext 55 x 450 $\varnothing$ int 40 x 450		NINGUNA				
<b>Nota:</b> Poner a punto todas las operaciones										
FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)		
						trabajo	control	empleado	máximo	
SIERRA MECÁNICA (1)	10	11	Cortar cilindro			S.	Flex.	20	25	
RECTIFICADOR (1)	10	11	Rectificar cilindro en 3, profundidad 1 mm					10	15	
TORNO (2)	10	11	Refrentar en 1		500	Cc.	Cal.	7	8	
		12	Centrar en 1		200			2	3	
	20	21	Refrentar en 2		500	Cc.	Cal.	7	8	
		22	Centrar en 2		200			2	3	

## Hoja de Procesos-2 (continuación)

FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
TORNO (2)	30	31	Montar entre puntos		800	Cc.	Cal.	2	2
		32	Cilindrado previo en 3 $\varnothing = 53.5$		600			26	30
		33	Cilindrado final en 3 $\varnothing = 52$		800			29	30
		34	Cilindrado previo en 4 $\varnothing = 41$		600			28	35
		35	Cilindrado final en 4 $\varnothing = 42$					32	35
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Cc.: Cuchilla para cilindrar					E.P.N.				
S: Sierra									
Flex: Flexómetro									

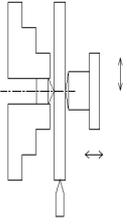
HOJA DE PROCESOS – 3				ELEMENTO - 3	
PLACAS				Tiempo Total: horas	
<b>POSICIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DIMENSIONES EN BRUTO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
	2	Placa Sujetadora	Acero A 36	450 x 450 x 60	NINGUNA



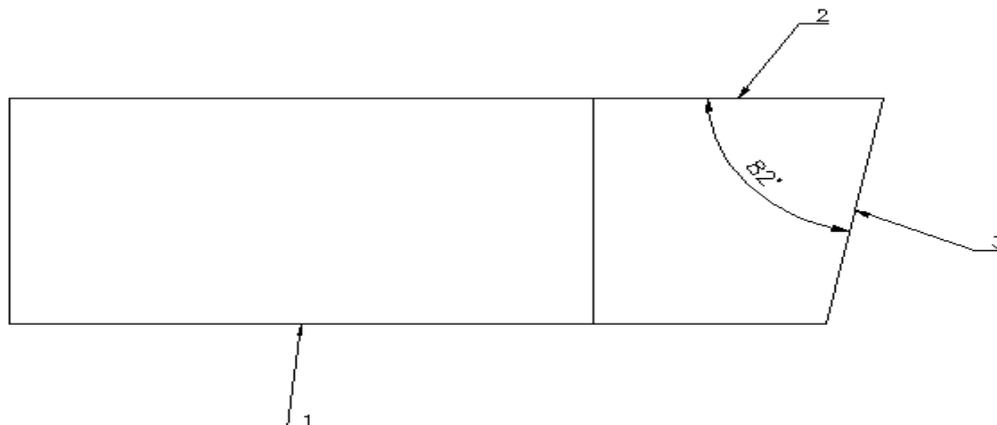
**Nota:** Poner a punto todas las operaciones

FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
TRAZADO (1)	10	11	Trazar el contorno			R.	R.M	3	5
OXICORTE (1)	10	11	Cortar pieza Ø ext = 425				Flex.	15	20
TORNO (3)	10	11	Refrentar en 3		500	Cc.	Cal.	7	8
		12	Centrar en 3		200	Bc.		2	3
	20	21	Refrentar en 4		500	Cc	Cal.	7	8
		22	Centrar en 4		200	Bc		2	3

## Hoja de Procesos-3 (continuación)

FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	RPM	UTILES		TIEMPOS (min)	
						trabajo	control	empleado	Máx.
TORNO (3)	30	31	Montar entre puntos		800	Cc.	Cal.	2	2
		32	Cilindrado previo en 1					20	25
		33	Ø = 422					25	30
		34	Cilindrado final en 1 Ø = 420					23	25
		35	Cilindrado previo en 2 Ø = 41 Cilindrado final en 4 Ø = 43					28	30
<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>					LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
Cal.: Calibrador					FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Bc.: Broca					E.P.N.				
Cc.: Cuchilla para cilindrar									
R: Rayador									
RM: Regla metálica									
Flex: Flexómetro									

HOJA DE PROCESOS - 4				ELEMENTO -4	
CUCHILLA				TIEMPO TOTAL DE DURACION: horas	
POSICION	CANTIDAD	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIÓN
6	160	Cuchilla	Acero A36	10x10x6000	NINGUNA



Nota: poner a punto todas las operaciones

FASE	SUB FASE	Nº	OPERACIONES	CROQUIS	n RPM	UTILES		TIEMPO (min)	
						trabajo	control	empleado	máximo
Sierra Mecánica (1)	10	11	Cortar pieza 6 (50x10x10) (160 cuchillas)			S.	Flex.	60	120
	10	11	Trazado contorno			R.	Cal.	10	15
Esmeril (3)	20	21	Esmerilado en 1.			E.	G. Cal.	20	25
	30	31	Esmerilado en 2		E.	G. Cal.	20	25	
	40	41	Esmerilado en 3		E.	G. Cal.	20	25	

<u>CÓDIGO DE ÚTILES:</u>	LABORATORIO DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS
Cal.: Calibrador	FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
E.: Piedra de esmeril	E.P.N.
R: Rayador	
RM: Regla metálica	
S: Sierra	
G.: Galga	

### 5.3 ANÁLISIS ECONÓMICO.

Para el análisis económico es necesario cotizar cada uno de los elementos que conforman el prototipo.

Es importante aclarar que la cotización es una estimación ya que el precio de algunos componentes como son los de aceros y elementos varían de un día a otro; por lo que el costo de la máquina cambia.

#### 5.3.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.

En los costos directos se analizan: materiales directos, elementos directos, costos de maquinado y montaje.

##### 5.3.1.1 Materiales Directos

Los costos de materiales directos se presentan en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1.** Costos de materiales directos.

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR (USD)
Eje cilíndrico de acero SAE 1018 Ø 45mm, l=1200mm	1	27.50	27.50
Cilindro acero A36 Ø 220mm, e = 4,5mm, l= 400mm	1	15.50	15.50
Chapas acero A36 Ø 130mm,e=24.5mm	4	6	24

Tabla 5.1 (continuación)

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR (USD)
Tubo cuadrado estructural 40x2mm, 4m	1	22.50 (6m)	15
Tubo cuadrado estructural 30x2mm, 3m	1	17 (6m)	8.5
Tubo estructural 40x20x1.5mm, 3m	1	14.20 (6m)	7.1
Varilla acero A36 10x10x6000mm	1	12	12
Plancha Acero Inoxidable mate 1220x2440x1mm	1	60	60
Subtotal			169.6

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: CHICAIZA - CHUNGANDO

### 5.3.1.2 Elementos Directos.

Los costos de los elementos directos se presentan en la tabla 5.2.

**Tabla 5.2** Costos de elementos directos.

ELEMENTO	CANTIDAD	VALR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Chumaceras	2	45	90
Motor eléctrico Trifásico 1750RPM, 10HP	1	450	450
Perno 3/8"	4	0.20	0.8
Perno 1/2"	4	0.25	1.0

Tabla 5.2 (continuación)

ELEMENTO	CANTIDAD	VALR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Perno $\frac{3}{4}$ "	4	0.40	1.60
Tuerca $\frac{3}{8}$ "	4	0.20	0.8
Tuerca $\frac{1}{2}$ "	4	0.25	1.0
Tuerca $\frac{3}{4}$ "	4	0.40	1.60
Perno $\frac{5}{16}$ " Zincados	2	0.20	0.40
Bisagras	2	0.50	1.00
Subtotal			548.2

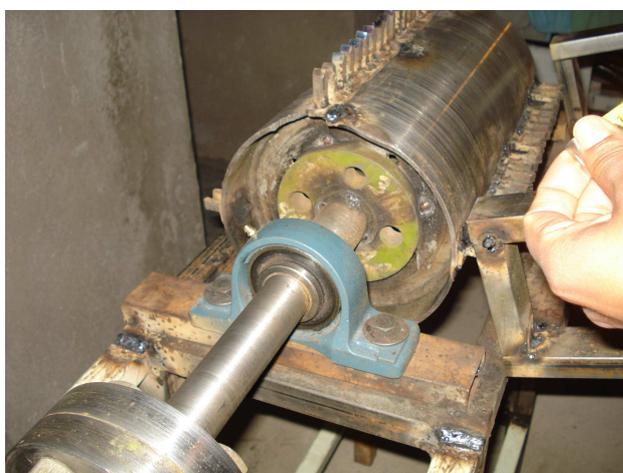
Fuente: PROPIA

Elaborado Por: CHICAIZA - CHUNGANDO

### 5.3.1.3 Costos de Maquinado

Otro aspecto que se debe considerar para obtener el costo de la máquina es la mano de obra para la construcción, ya que el salario del trabajador se considera en el análisis económico. El valor de los costos se presenta en la tabla 5.3.

En la figura 5.1 se muestra la máquina en proceso de construcción.



**Figura 5.1.** Verificación de medidas.

**Tabla 5.3.** Costos de mano de obra en máquinas-herramientas.

MÁQUINA	COSTO POR MÁQUINA INCLUIDO MANO DE OBRA (USD/h)	TIEMPO TOTAL (h)	COSTO TOTAL POR MÁQUINA (USD)
Afiladora de cuchillas	4	3	12
Torno	10	4	40
Soldadora	8	4	32
Taladro de pedestal	5	2	10
Dobladora	10	1	10
Cizalla	5	4	20
Subtotal			124.00

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: CHICAIZA - CHUNGANDO

**5.3.1.4 Costos de Montaje**

Para obtener el costo de montaje se considera la mano de obra necesaria para el armado y ensamblado de cada uno de los subconjuntos y la totalidad de la máquina.

Se considera el trabajo de 2 personas durante 2 días a un costo de 12USD diarios/trabajador, resultando u costo total de 48USD.

**5.3.1.5 Costo Directo Total.**

En la tabla 5.4 se indica la cantidad total del costo directo.

**Tabla 5.4** Costo directo total.

COSTOS	VALOR (USD)
Materiales directos	169.6
Elementos directos	548.2
Costo de maquinado	124
Costo de montaje	48
Subtotal	889.8

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: CHICAIZA - CHUNGANDO

**5.3.2 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.**

Se analizan: materiales indirectos, costo de ingeniería, y gastos indirectos.

**5.3.2.1 Materiales Indirectos.**

Los costos de materiales indirectos se presentan en la tabla 5.5.

**Tabla 5.5** Costos de materiales indirectos.

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Electrodo 6011 de 4.8mm	5 kg	25/5kg	25
Cuchilla torno HSS	1	8	8
Broca de centros 3.15mm	1	3	3
Lija para hierro	2	0.40	0.80
Pintura anticorrosiva	2.5 L	3.50	8.75
Pintura esmalte	1.5L	4.10	6.15
Thiñer	4 L	1.30	5.2
Guaype	10	0.10	1.0

Tabla 5.5 (continuación)

Subtotal	57.90
----------	-------

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: CHICAIZA - CHUNGANDO

### 5.3.2.2 Costo de Ingeniería.

Este costo se refiere al tiempo empleado en el diseño de cada uno de los elementos constitutivos de la máquina.

Para el costo de ingeniería se considera el sueldo de un ayudante de laboratorio de la EPN de 330 USD durante 4 meses, el costo total de ingeniería es de 1320 USD.

### 5.3.2.3 Gastos Indirectos.

Los gastos indirectos es referente a costos de movilización de las personas y transporte de materiales para la construcción, montaje de la máquina, y pruebas realizadas. Se estima un valor de 50 USD.

### 5.3.2.4 Costo Indirecto Total.

En la tabla 4.7 se indica la cantidad total del costo indirecto.

**Tabla 5.6** Costo indirecto total.

COSTO	VALOR(USD)
Materiales indirectos	57.9
Costo de ingeniería	1320
Gastos indirectos	50
subtotal	1427.9

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: CHICAIZA – CHUNGANDO

### 5.3.3 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.

**Tabla 5.7** Costo total de la máquina picadora de hielo.

COSTO	VALOR (USD)
Costo directo	889.8
Costo indirecto	1427.9
<b>TOTAL</b>	<b>2317.7</b>

Fuente: PROPIA

Elaborado Por: CHICAIZA – CHUNGANDO

Todos los costos de construcción de la máquina picadora de hielo incluyen IVA, y se obtuvieron a partir de proformas facilitadas por distribuidoras y comercializadoras de la ciudad de Quito, entre estas: Talleres STIC, Ferretería la Mariscal, Ivan Bhoman, Ferro Centro. El costo total obtenido resulta bastante accesible y puede ser construido fácilmente.

## CAPITULO VI

### PRUEBAS DE CAMPO

#### 6.1 DATOS OBTENIDOS

Considerando el protocolo de prueba descrito en el capítulo (3) se procede a realizar las pruebas de campo. En la tabla 6.1 se muestran los resultados obtenidos del protocolo de pruebas.

**Tabla 6.1** Protocolo de Pruebas

<b>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</b>		
<b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>		
<b>PRUEBAS DE CAMPO</b>		
<b>FECHA DE PRUEBA:</b>	30 de Julio del 20008	
<b>FECHA DE APROBACIÓN:</b>	6 de Agosto del 20008	
<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA:</b>	PICADORA DE HIELO	
<b>CAPACIDAD DE LA MAQUINA:</b>	6000Kg/h	
<b>PERSONAL RESPONSABLE:</b>	Ing. Jaime Vargas Sandra Chicaiza Javier Chungandro	
<b>DIMENSIONES DE LA MAQUINA</b>		
<b>VERIFICACION DE DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MAQUINA</b>		
<b>ELEMENTOS</b>	<b>PASA</b>	<b>NO PASA</b>
Eje Principal	X	
Cilindro Porta Cuchillas	X	
Cuchillas	X	
Plano Inclinado	X	

Tabla 6.1 (continuación)

Estructura Soporte	X		
<b>VERIFICACION DE DIMENSIONES TOTALES DE LA MAQUINA</b>			
<b>PARAMETROS</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>NO PASA</b>	<b>PASA</b>
Largo	1325mm		X
Ancho	1270mm		X
Altura	1150mm		X
<b>FUNCIONAMIENTO EN VACIO</b>			
<b>SISTEMAS</b>	<b>TIEMPO DE PRUEBA</b>	<b>FALLA</b>	<b>NO FALLA</b>
Eléctrico	60 min		X
Transmisión			X
Estructura			X
<b>VERIFICACION DE LA PRODUCCION DE HIELO PICADO</b>			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>ACEPTABLE</b>	<b>NO ACEPTABLE</b>	
Avance	X		
Calidad	X		
Tamaño	X		
<b>CONCLUSIONES:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al evaluar al prototipo de la picadora de hielo al protocolo de pruebas, se concluye que la geometría de cada uno de los elementos y componentes cumplen con los parámetros y especificaciones con las que se realizó el diseño.</li> <li>• El motor con el que se realizó el protocolo de pruebas cumple con los parámetros funcionales de la máquina.</li> <li>• El tamaño de hielo picado obtenido satisface los requerimientos que los pescadores artesanales señalaron en la encuesta realizada.</li> </ul>			

Tabla 6.1 (continuación)

<b>OBSERVACIONES:</b> Ninguna	
<b>El prototipo Pasa: SI PASA</b>	<b>El prototipo no Pasa:</b>
<b>FIRMA DE PERSONA(S) RESPONSABLES</b>	<b>FIRMA DE AUTORIZACIÓN</b>

## 6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las dimensiones principales del prototipo presentan desviaciones propias de la construcción como pueden ser defectos de corte, soldadura, entre otros; pero que no representan desviaciones considerables con el diseño por lo que se las puede catalogar de aceptables.

El funcionamiento tanto en vacío como a plena carga de los sistemas eléctrico, mecánico y estructural no presenta anomalías, teniendo en cuenta que el funcionamiento en vacío se hizo en una hora y a plena carga en 3 minutos.

El prototipo cumple con todas las especificaciones que solicitan los pescadores artesanales. Las fotografías de las pruebas de campo se presentan en el ANEXO 16.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES

- El ensayo de compresión de las tres probetas de hielo presenta similares valores de esfuerzo de compresión por la insignificante variación en sus medidas y al tamaño relativamente grande del área de compresión del émbolo.
- El Proyecto de Titulación cumple con el objetivo establecido en el presente Proyecto de Titulación, el cual es la construcción de la máquina Picadora de Hielo con los parámetros funcionales establecidos.
- La máquina Picadora de hielo se puede construir en cualquier taller metalmecánico, su construcción y montaje es sencillo y fácil.
- El tamaño de hielo obtenido beneficia a los pescadores ya que cubre en mayor proporción el cuerpo del pescado aumentando el tiempo de conservación del mismo.
- El diseño realizado garantiza que el bloque de hielo resbale por el plano inclinado sin necesidad de ninguna fuerza externa.
- La máquina puede ser instalada con facilidad en cualquier sitio que se requiera.
- La máquina físicamente proporciona la facilidad para que sea operada por una sola persona.

- Los planos de la máquina se encuentran bajo normas de Dibujo Mecánico por lo que facilitan su construcción y montaje.
- La recolección del hielo picado se puede realizar por medio de bandejas facilitando la transportación.
- El hielo obtenido (más fino) para pasar al estado líquido requiere de mayor tiempo en comparación al hielo picado del diseño.
- Para controlar las vibraciones excesivas de la máquina prototipo es necesaria una óptima calibración entre el eje del motor y el de transmisión con las manzanas de acople perfectamente alineadas.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- Difundir este tipo de proyecto en el medio artesanal de la pesca.
- Los bloques de hielo que se fabrican en las empresas tienen dimensiones que varían de 10mm a 30 mm en el ancho, por lo que se recomienda construir la máquina tomando en cuenta estas variaciones en las dimensiones.
- Revisar periódicamente que los sellos de los rodamientos se encuentren en buen estado e impidan el ingreso de agua a su interior para una buena lubricación debido a que soportará elevadas revoluciones (2000).
- La tapa del cilindro portacuchillas debe estar cerrada siempre, pudiendo únicamente ser abierta para mantenimiento.
- Revisar que las conexiones eléctricas se encuentren perfectamente aisladas antes de proceder a encender la máquina.

## CAPITULO VIII

### BIBLIOGRAFÍA

- AISC, Manual os Steel Construcción LRDF, 2da edición, USA, 1994
- ALLEN HALL, Teoría y Problemas de Diseño de Máquinas, Colección Shaum, 1980.
- ARELLANO ROBERTO, Diseño de Estructuras de Acero, Ed. EPN, 1998
- INEN, Código de Dibujo Técnico Mecánico, Quito – Ecuador, 1987
- JUVINALL ROBER, Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica, Ed. Limusa, 1ra. Edición, México, 1991
- MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, Ed. McGraw-Hill, 2da edición, México, 1984
- McCORMAC JACK, Diseño de Estructuras de Acero Método LRDF, Ed. AlfaOmega, México 2002
- MIROLIUBOV I., Problemas de Resistencia de Materiales, Ed. Bandeirantes, Sao Paulo, 1985.
- NORTON ROBERT, Diseño de Máquinas, Editorial McGraw-Hill, México, 1999.
- SHIGLEY JOSEPH, Diseño en Ingeniería Mecánica, Cuarta Edición, Editorial McGraw Hill, México, 1985
- SINGER & PYTEL, Resistencia de materiales, 4ta edición, Editorial OXFORD, México, 1987
- STIOPIN, Resistencia de Materiales, Ed. Mir, 3ra edición, 1985
- VARGAS, J; Fundamentos de Dibujo Industrial; E.P.N; Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito – Ecuador; 2005.
- VARGAS, J; Producción por virutaje; E.P.N; Carrera de Ingeniería Mecánica; Quito – Ecuador; 2003

## CONSULTAS WEB

- [http://www.fitzmill.com/PDFs/spanish\\_pdf/size\\_reduct\\_bro\\_span1.pdf](http://www.fitzmill.com/PDFs/spanish_pdf/size_reduct_bro_span1.pdf)
- <http://www.fao.org/docrer/003/T0713S/T0713S00.HTM>.
- <http://www.es.wikipedia.org/wiki/hielo>.
- <http://www.Guiadelfrio.com>.
- [dialnet.unirioja.es/servlet/articulos](http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulos).
- <http://www.solociencia.com/medicina/06020801.htm>
- [http://www.skf.com/portal/skf/home/products?lang=es&maincatalogue=1&newlink=2\\_11\\_1](http://www.skf.com/portal/skf/home/products?lang=es&maincatalogue=1&newlink=2_11_1)

## **ANEXOS**

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. TIPO DE CRIBA Y VELOCIDAD DEL ROTOR .....	II
ANEXO 2. FORMATO DE ENCUESTA .....	IIV
ANEXO 3 . FORMATO PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	VII
ANEXO 4. TABLA DE COEFICIENTES DE RENDIMIENTO .....	X
ANEXO 5. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS .....	XII
ANEXO 6. TABLAS DE CHAVETAS .....	XV
ANEXO 7. PROPIEDADES DEL SAE 1018.....	XVIII
ANEXO 8. PROPIEDADES A LA TORSIÓN DE SOLDADURA .....	XX
ANEXO 9. FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA A LA FATIGA. ..	XXII
ANEXO 10. FACTOR KF EN JUNTAS SOLDADAS.....	XXV
ANEXO 11. DIMENSIONES DE BRIDAS .....	XXVII
ANEXO M. RESULTADOS DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL .....	XXIX
ANEXO 13. TUBOS ESTRUCTURALES.....	L
ANEXO 14. PLANCHAS INOXIDABLES .....	LIII
ANEXO 15. CARACTERÍSTICAS DE RODAMIENTOS Y CHUMACERA.....	LV
ANEXOS 16. FOTOS DE LA MÁQUINA Y PRUEBAS REALIZADAS .....	LVIII

**ANEXO 1. TIPO DE CRIBA Y VELOCIDAD DEL ROTOR**

### TIPO DE CRIBA Y VELOCIDAD DEL ROTOR

Para cada combinación determinada de velocidad de rotor y criba, las partículas de un cierto rango de tamaño pueden pasar a través de la criba y salir de la máquina. Velocidades del rotor mayores deprimen el ángulo de ataque de una partícula relativamente a la superficie de la criba, reduciendo el tamaño aparente de la perforación de la misma (ver figura A). Un agujero circular, por ejemplo, aparecerá elíptico, permitiendo entonces que solamente partículas más pequeñas le atraviesen.

A velocidades menores, el ángulo de ataque incrementa, permitiendo partículas mayores atravesarlo. A medida que el calibre (espesor) de la criba se incrementa, el tamaño de la apertura debe también incrementarse para mantener el tamaño de partícula deseado (ver figura B). Una velocidad del rotor variable y la intercambiabilidad de cribas hacen que un mismo molino fácilmente produzca una gran variedad de resultados.

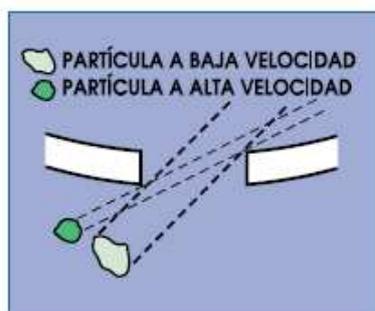


Fig. A

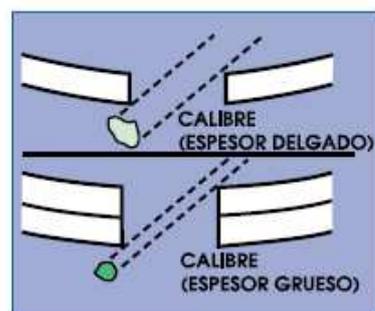
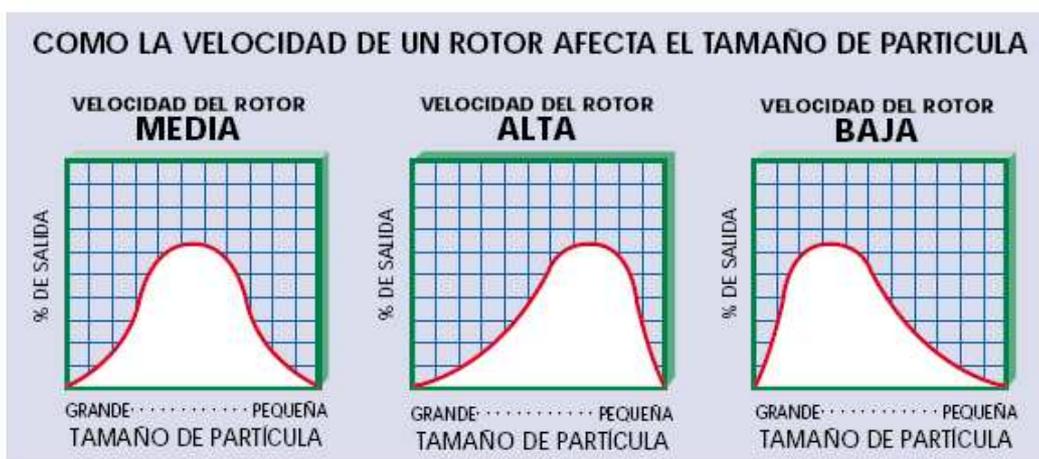


Fig. B



**ANEXO 2. FORMATO DE ENCUESTA**

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Encuesta**

La presente encuesta tiene como finalidad ayudar a conservar los productos capturados en la pesca artesanal, mediante la utilización de hielo picado. Para posteriormente construir una máquina capaz de picar hielo.

Nombre: \_\_\_\_\_

**Cuestionario**

1) ¿Utiliza Ud. Hielo para conservar su captura?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

2) Del siguiente listado de tipos de hielo marque aquellas opciones de los que Ud. utiliza para la conservación de su pescado.

Tipos de Hielo	Marque
Hielo en bloques picado	
Hielo fundente	
Hielo en escamas	
Hielo en tubos	
Hielo en placas	

3) Marque cuál es el tamaño apropiado de hielo picado que se necesita para obtener un mejor resultado en la conservación del pescado.

Tamaño	Marque
Trozos de hielo de 1 a 10mm	
Trozos de hielo de 10 a 20mm	

Trozos de hielo de 20 a 30mm	
------------------------------	--

4) Marque de acuerdo a su requerimiento cual debe ser la capacidad de una máquina picadora de hielo.

Capacidad en Kg <sub>hielo</sub> /min.	Marque
55	
110	
220	

5) ¿Ud. estaría dispuesto ha adquirir una máquina picadora de hielo?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

Porqué \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ANEXO 3 . FORMATO PROTOCOLO DE PRUEBAS**

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

<b>ESCUELA POLITECNICA NACIONAL</b>			
<b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>			
<b>PRUEBAS DE CAMPO</b>			
<b>FECHA DE PRUEBA:</b>			
<b>FECHA DE APROBACIÓN:</b>			
<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>			
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA:</b>			
<b>CAPACIDAD DE LA MAQUINA:</b>			
<b>PERSONAL RESPONSABLE:</b>			
<b>DIMENSIONES DE LA MAQUINA</b>			
<b>VERIFICACION DE DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MAQUINA</b>			
ELEMENTOS	PASA	NO PASA	
Eje Principal			
Cilindro Porta Cuchillas			
Cuchillas			
Plano Inclinado			
Estructura Soporte			
<b>VERIFICACION DE DIMENSIONES TOTALES DE LA MAQUINA</b>			
PARAMETROS	DIMENSIONES	NO PASA	PASA
Largo			
Ancho			
Altura			
<b>FUNCIONAMIENTO EN VACIO</b>			
SISTEMAS	TIEMPO DE PRUEBA	FALLA	NO FALLA
Eléctrico			
Transmisión			
Estructura			

**PROTOCOLO DE PRUEBAS (continuación)**

<b>VERIFICACION DE LA PRODUCCION DE HIELO PICADO</b>		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>ACEPTABLE</b>	<b>NO ACEPTABLE</b>
Avance		
Calidad		
Tamaño		
<b>CONCLUSIONES:</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b> Ninguna		
<b>El prototipo Pasa:</b>		<b>El prototipo no Pasa:</b>
<b>FIRMA DE PERSONA(S) RESPONSABLES</b>		<b>FIRMA DE AUTORIZACIÓN</b>

**ANEXO 4. TABLA DE COEFICIENTES DE RENDIMIENTO**

**VALORES DE COEFICIENTE DE RENDIMIENTO ( $\eta$ ) SEGÚN LA CALIDAD DE LA MÁQUINA**

<b>CONDICIONES DE LA MÁQUINA</b>	<b>VALOR <math>\eta</math></b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Máquinas muy antiguas, con muchos engranajes y correas</li></ul>	0.5 a 0.6
<ul style="list-style-type: none"><li>• Máquinas de motor individual con reductor o correa plana</li></ul>	0.7 a 0.75
<ul style="list-style-type: none"><li>• Máquinas de motor individual, con correas trapezoidales</li></ul>	0.8 a 0.85
<ul style="list-style-type: none"><li>• Máquinas con motor acoplado directamente</li></ul>	0.85 a 0.90

**ANEXO 5. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**



**DIPAC**<sup>®</sup>  
PRODUCTOS DE ACERO

U SERVICES

TSC

**TUBERIA PARA VAPOR**  
**TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS**  
**GEDULA 40**

**Especificaciones Generales**

<b>Norma</b>	ASTM A 53 GR B para condición de fluda
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>longo normal</b>	6,00 m.
<b>Otros largos</b>	Prevía Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Prevía Consulta

**Resistencia Mecánica**

<b>Resistencia a la tracción</b>	60000 psi ( 42,2 Kg F/mm <sup>2</sup> )
<b>Límite de elasticidad</b>	35000 psi ( 24,6 Kg F/mm <sup>2</sup> )
<b>Alargamiento</b>	0,5%



DIAMETRO NOMINAL	EXTERIOR		ESPESOR		PRESION/PRUEBA		PESO kg/mt
	mm	pulg	e mm	pulg	kg/cm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	
1/4"	13.70	0.54	2.24	0.08	49	700	0.63
3/8"	17.10	0.37	2.81	0.09	49	700	0.85
1/2"	21.30	0.84	2.77	0.10	49	700	1.27
3/4"	26.70	1.05	2.87	0.11	49	700	1.68
1"	33.40	1.31	3.38	0.13	49	700	2.50
1 1/4"	42.20	1.66	3.56	0.14	91	1300	3.38
1 1/2"	48.30	1.90	3.68	0.14	91	1300	4.05
2"	60.30	2.37	3.91	0.15	176	2500	5.44
2 1/2"	73.00	2.87	5.16	0.20	176	2500	8.62
3"	88.90	3.50	5.49	0.21	176	2500	11.29
4"	114.30	4.50	6.02	0.23	195	2210	16.07
5"	141.30	5.56	6.55	0.25	137	1950	21.78
6"	168.30	6.62	7.11	0.28	125	1780	28.26
8"	219.10	8.62	8.18	0.32	110	1570	42.53
10"	273.00	10.75	9.27	0.36	101	1430	60.29
12"	323.80	12.75	10.31	0.40	94	1340	79.65

Composición Química	Máximo porcentaje
Carbono	0.3
Manganeso	1.2
Fósforo	0.05
Azufre	0.06



**DIPAC**<sup>®</sup>  
PRODUCTOS DE ACERO

TSC

**TUBERIA PARA VAPOR**  
**TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS**  
**GEDULA 80**

Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM - A 53 Gr B para conducción de fluidos
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6,00 m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta

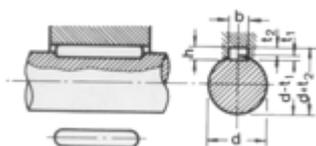


NOMINAL	DIAMETRO		ESPESOR		PRESIONPRUEBA		PESO
	EXTERIOR		e		kg/cm2	lb/pulg2	
	mm	pulg	mm	pulg			
1/4"	13.70	0.54	3.02	0.11	60	850	0.80
3/8"	17.10	0.37	3.20	0.12	60	850	1.10
1/2"	21.30	0.84	3.73	0.14	60	850	1.62
3/4"	26.70	1.05	3.91	0.15	60	850	2.19
1"	33.40	1.31	4.95	0.17	60	850	3.23
1 1/4"	42.20	1.66	4.85	0.19	134	1900	4.47
1 1/2"	48.30	1.90	5.08	0.20	134	1900	5.41
2"	60.30	2.37	5.54	0.21	176	2500	7.48
2 1/2"	73.00	2.87	7.01	0.27	176	2500	11.41
3"	88.90	3.50	7.62	0.30	176	2500	15.27
4"	114.30	4.50	8.56	0.33	197	2800	22.31
6"	168.30	6.62	10.97	0.43	193	2740	42.56

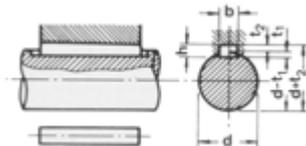
Composición Química	Máximo porcentaje
Carbon	0.3
Manganeso	1.2
Fósforo	0.05
Azufre	0.06

**ANEXO 6. TABLAS DE CHAVETAS**

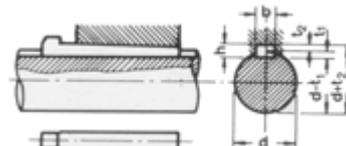
**DIMENSIONES CHAVETEROS Y  
CHAVETAS S/DIN 6885/1 - 6886 y 6887**  
*STANDARD KEYWAYS S/DIN 6885/1 -  
6886 and 6887*



Chaveta paralela  
S/DIN-6885/1



Chaveta de cuña  
S/DIN-6886



Chaveta de cuña con cabeza  
S/DIN-6887

Ø eje d mm desde- hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas del chavetero en el eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda			
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887		t <sub>1</sub> m/m	Tol. admisible (en altura)m/m	Ø m/m desde- hasta	Tol. H-7 m/m		
		d + t <sub>2</sub> m/m	Tol. admisible (en altura)m/m	d + t <sub>2</sub> m/m	Tol. admisible (en altura)m/m						
17-22	6x6	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	3,5	+0,2	10-18	+0,018 0		
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4		4,1					
30-38	10x8	d+3,4	+0,2	d+2,8	+0,2	4,7		30-50	+0,025 0		
38-44	12x8	d+3,2		d+2,6		4,9					
44-50	14x9	d+3,6		d+2,9		5,5		50-80	+0,030 0		
50-58	16x10	d+3,9		d+3,2		6,2					
58-65	18x11	d+4,3		d+3,5		6,8		80-120	+0,035 0		
65-75	20x12	d+4,7		d+3,9		7,4					
75-85	22x14	d+5,6		+0,2		d+4,8		+0,2	8,5	120-180	+0,040 0
85-95	25x14	d+5,4				d+4,6			8,7		
95-110	28x16	d+6,2				d+5,4	9,9		+0,3	180-250	+0,046 0
110-130	32x18	d+7,1				d+6,1	11,1				
130-150	36x20	d+7,9	d+6,9		12,3	250-315	+0,052 0				
150-170	40x22	d+8,7	d+7,7		13,5						
170-200	45x25	d+9,9	d+8,9		15,3	315-400	+0,057 0				
200-230	51x28	d+11,2	d+10,1		17						
230-260	56x32	d+12,9	d+11,8		19,3	400-500	+0,063 0				
260-290	63x32	d+12,6	+0,3		d+11,5					+0,3	19,6

Zonas de tolerancia en el ancho de los chaveteros		
Tipo de ajuste	chavetero eje	chaveteo rueda
A presión (forzado) <i>forced</i>	P9	P9
Ligero	N9	J9
Deslizante	H8	D10

La chaveta deberá dimensionarse de manera que pueda transmitir el mismo momento o par de torsión que el eje correspondiente. Por ello, la longitud de dicha chaveta deberá ser, como mínimo, igual a 1,5 veces el diámetro del eje. Los chaveteros de eje y rueda deberán tener bordes redondeados (En todos los sentidos) para evitar la formación de grietas y posteriores roturas.

Tabla 8-20 Dimensiones en pulgadas para algunas aplicaciones de cuñas cuadradas y rectangulares estándar. Fuente. Joseph e. Shigley, "Unthreaded Fasteners", capítulo 22, en Joseph E. Shigley and Charles R. Mischke (eds.), Standard Handbook of Machine design, 2da. Ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1996.

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		
Más de	Hasta(inclusive)	w	h	Profundidad del cuñero
5/16	7/16	3/32	3/32	3/64
7/16	9/16	1/8	3/32	3/64
		1/8	1/8	1/16
9/16	7/8	3/16	1/8	1/16
		3/16	3/16	3/32
7/8	1 1/4	1/4	3/16	3/32
		1/4	1/4	1/8
1 1/4	1 3/8	5/16	1/4	1/8
		5/16	5/16	5/32
1 3/8	1 3/4	3/8	1/4	1/8
		3/8	3/8	3/16
1 3/4	2 1/4	1/2	3/8	3/16
		1/2	1/2	1/4
2 1/4	2 3/4	5/8	7/16	7/32
		5/8	5/8	5/16
	3 1/4	3/4	1/2	1/4
2 3/4		3/4	3/4	3/8

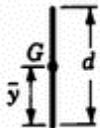
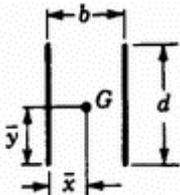
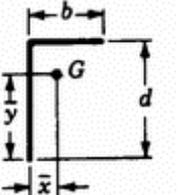
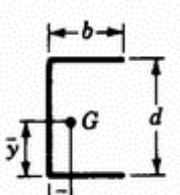
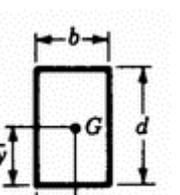
**ANEXO 7. PROPIEDADES DEL SAE 1018**

Tabla A-17 PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS

Los valores indicados para aceros laminados en caliente (HR, hot-rolled) y estirados en frío (CD, cold-drawn) son valores mínimos estimados que suelen esperarse en el Intervalo de tamaños de  $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{4}$  pulg. Un valor mínimo está aproximadamente varias desviaciones estándares por debajo de la media aritmética. Los valores mostrados para aceros con tratamiento térmico son los llamados valores típicos. Un valor típico no es el medio ni el mínimo. Puede obtenerse mediante un control cuidadoso de las especificaciones de compra y el tratamiento térmico, junto con la inspección y ensayo continuos. Las propiedades indicadas en esta tabla provienen de varias fuentes y se cree que son representativas. Sin embargo, hay tantas variables que afectan estas propiedades que su naturaleza aproximada debe reconocerse claramente.

Número UNS	Número AISI	Procesamiento	Resistencia de fluencia kpsi	Resistencia a la tensión kpsi	Elongación en 2 pulg %	Reducción en área %	Dureza Brinell H <sub>B</sub>
G10100	1010	HR	26	47	28	50	95
		CD	44	53	20	40	105
G10150	1015	HR	27	50	28	50	101
		CD	47	56	18	40	111
G10180	1018	HR	32	58	25	50	116
		CD	54	64	15	4	126
G10350	1035	HR	33	56	25	45	121
		CD	60	78	10	35	167
		HR	39	72	18	40	143
		CD	67	80	12	35	163
G10400	1040	Estirado a 800°F	81	110	18	51	220
		Estirado a 1000°F	72	103	23	59	201
		Estirado a 1200°F	62	91	27	66	180
		HR	42	75	18	40	149
		CD	71	85	12	35	170
G10450	1045	Estirado a 1000°F	86	113	23	62	235
		HR	45	82	16	40	163
		CD	77	91	12	35	179
G10500	1050	HR	49	90	15	35	179
		CD	84	100	10	30	197

**ANEXO 8. PROPIEDADES A LA TORSIÓN DE SOLDADURA**

PROPIEDADES A LA TORSION DE SOLDADURAS DE FILETE			
Soldadura	Área de garganta	Localización de G	Momento Polar de inercia unitario
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3 / 12$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(b+d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{2bd + d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0.707h(2b+d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$
	$A = 1.414h(b+d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$A = 1.414\pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$

**ANEXO 9. FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA A LA  
FATIGA.**

- **Factor de acabado superficial**

$$K_a = aS_{ut}^b$$

Acabado superficial	<i>a</i>		<i>b</i>
	kpsi	MPa	
Esmerilado (rectificado)	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Forjado	39.9	272.0	-0.995

- **Coeficiente de temperatura**

Por lo común las pruebas a la fatiga se hacen a la temperatura ambiente. A bajas temperaturas la tenacidad a la fatiga se reduce y a temperaturas moderadamente altas se incrementa. Pero a altas temperaturas desaparece el codo límite de resistencia a la fatiga (materiales ferrosos) haciendo que la resistencia a la fatiga siga declinando con el número de ciclos. Para temperaturas cercanas o por encima del 50% de la temperatura de fusión del material, la termofluencia se hace significativa, y el procedimiento de diseño de esfuerzo-vida ya no es válido (falla primero por fluencia que por fatiga).

Temperatura	$C_{\text{temperatura}}$
$T \leq 450 \text{ } ^\circ\text{C}$	1.0
$450 < T \leq 550 \text{ } ^\circ\text{C}$	$1 - 0.0058(T - 450 \text{ } ^\circ\text{C})$

- **Coeficiente de confiabilidad**

Las medidas son datos estadísticos, por lo tanto hay un error inherente en los valores nominales dados:

<b>Confiabilidad</b>	<b>C<sub>confiabilidad</sub></b>
50.0%	1.000
90.0%	0.897
99.0%	0.814
99.9%	0.753
99.99%	0.702
99.999%	0.659

- **Coeficiente de temperatura K<sub>d</sub>.**

<b>T °C</b>	<b>k<sub>d</sub></b>	<b>T °C</b>	<b>k<sub>d</sub></b>
20	1.000	300	0.975
50	1.010	350	0.927
100	1.020	400	0.922
150	1.025	450	0.840
200	1.020	500	0.766
250	1.000	550	0.670
		600	0.546

**ANEXO 10. FACTOR KF EN JUNTAS SOLDADAS.**

Tipo de Soldadura	Kf
• A tope, con refuerzo	1.2
• De filete transversal, en la punta.	1.5
• De filetes longitudinales paralelos, en el	2.7
extremo.	2.0
• A tope en T, con esquinas agudas.	

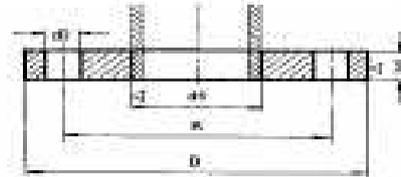
**ANEXO 11. DIMENSIONES DE BRIDAS**



# SUSEVAL

SUMINISTRADORA DE VALVULAS DE VAPOR

María del Pilar Vázquez Huertas  
 Primavera, 13 - 2ª A  
 41019 Sevilla  
 Tel. y Fax: 95 4 35 39 00  
 E-mail: su\_sesval@telefonica.net  
 NIF: B26026707-C



## DIMENSIONES BRIDAS PLANAS DIN-2576 PN-10

TUBO		BRIDA				TORNILLOS		
DN	d1 ISO	d5	D	b1	K	Cant.	Rosca	d2
15	21,3	22,0	95	14	65	4	M12	14
20	26,9	27,6	105	16	75	4	M12	14
25	33,7	34,4	115	16	85	4	M12	14
32	42,4	43,1	140	16	100	4	M16	16
40	48,3	49,0	150	16	110	4	M16	16
50	60,3	61,1	165	18	125	4	M16	16
65	76,1	77,1	185	18	145	4	M16	16
80	88,9	90,3	200	20	160	4	M16	16
100	114,3	115,9	220	20	180	8	M16	16
125	139,7	141,6	250	22	210	8	M16	16
150	168,3	170,5	285	22	240	8	M20	22
200	219,1	221,8	340	24	295	8	M20	22
250	273,0	276,2	395	26	350	12	M20	22
300	323,9	327,6	445	26	400	12	M20	22
350	355,6	359,7	505	28	460	16	M20	22
400	406,4	411,0	565	32	515	16	M24	26
450	457,0	462,3	615	38	565	20	M24	26
500	508,0	513,6	670	38	620	20	M24	26
600	610		780		725	20	M27	30
700	711		895		840	24	M27	30
800	813		1015		950	24	M30	33
900	914		1115		1050	26	M30	33
1000	1016		1230		1160	26	M33	36

Dimensiones en mm.

## DIMENSIONES BRIDAS PLANAS DIN-2502 PN-16

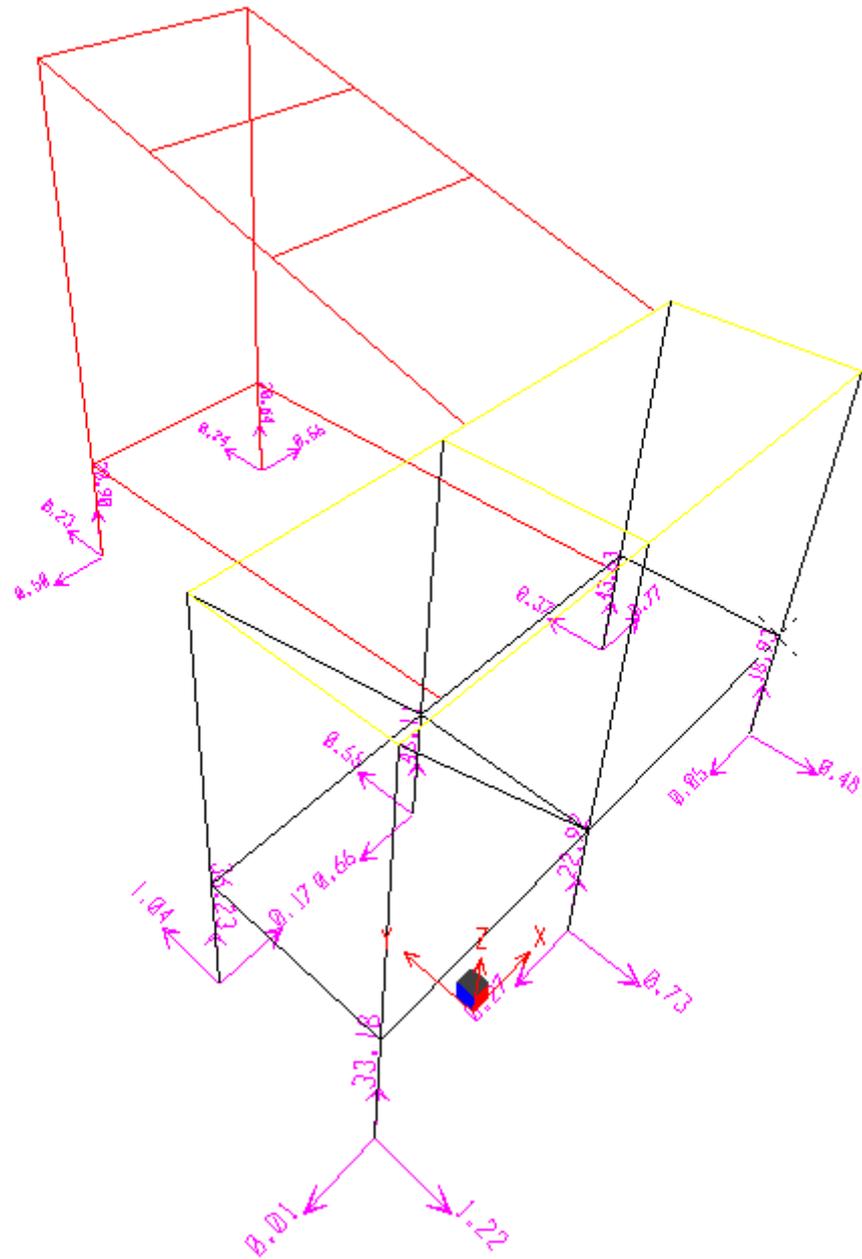
TUBO		BRIDA				TORNILLOS		
DN	d1 ISO	d5	D	b1	K	Cant.	Rosca	d2
80	88,9	90,3	200	20	160	8	M16	16
200	219,1	221,8	340	24	295	12	M20	22
250	273,0	276,2	405	26	355	12	M24	26
300	323,9	327,6	460	26	410	12	M24	26
350	355,6	359,7	520	30	470	16	M24	26
400	406,4	411,0	580	32	525	16	M27	30
500	508,0	513,6	715	38	650	20	M30	33

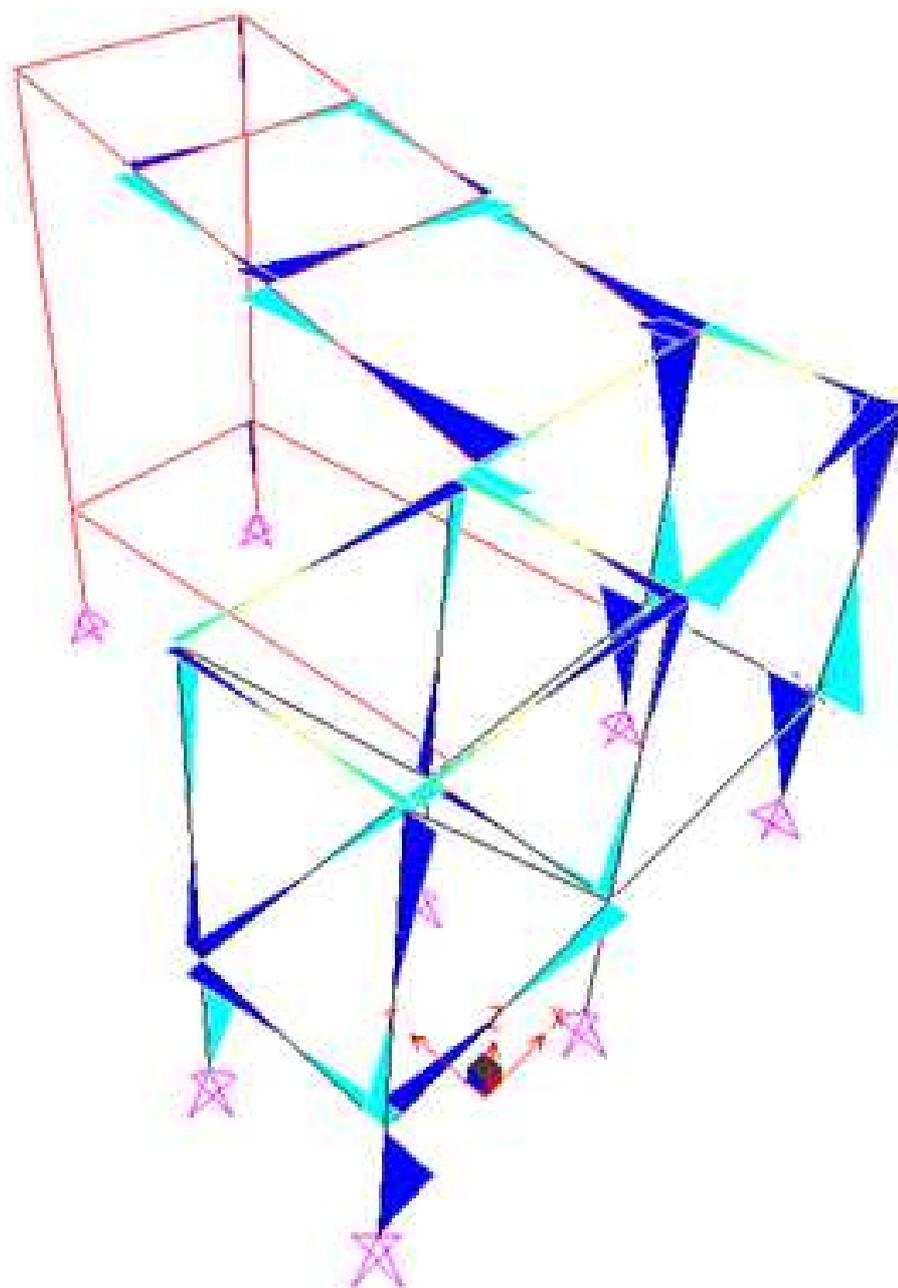
Dimensiones en mm.

**ANEXO M. RESULTADOS DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL.**



## REACCIONES EN LOS APOYOS



**MOMENTOS EN LA ESTRUCTURA****MOMENTO ALREDEDOR DEL EJE 2-2**

MOMENTO ALREDEDOR DEL EJE 3-3

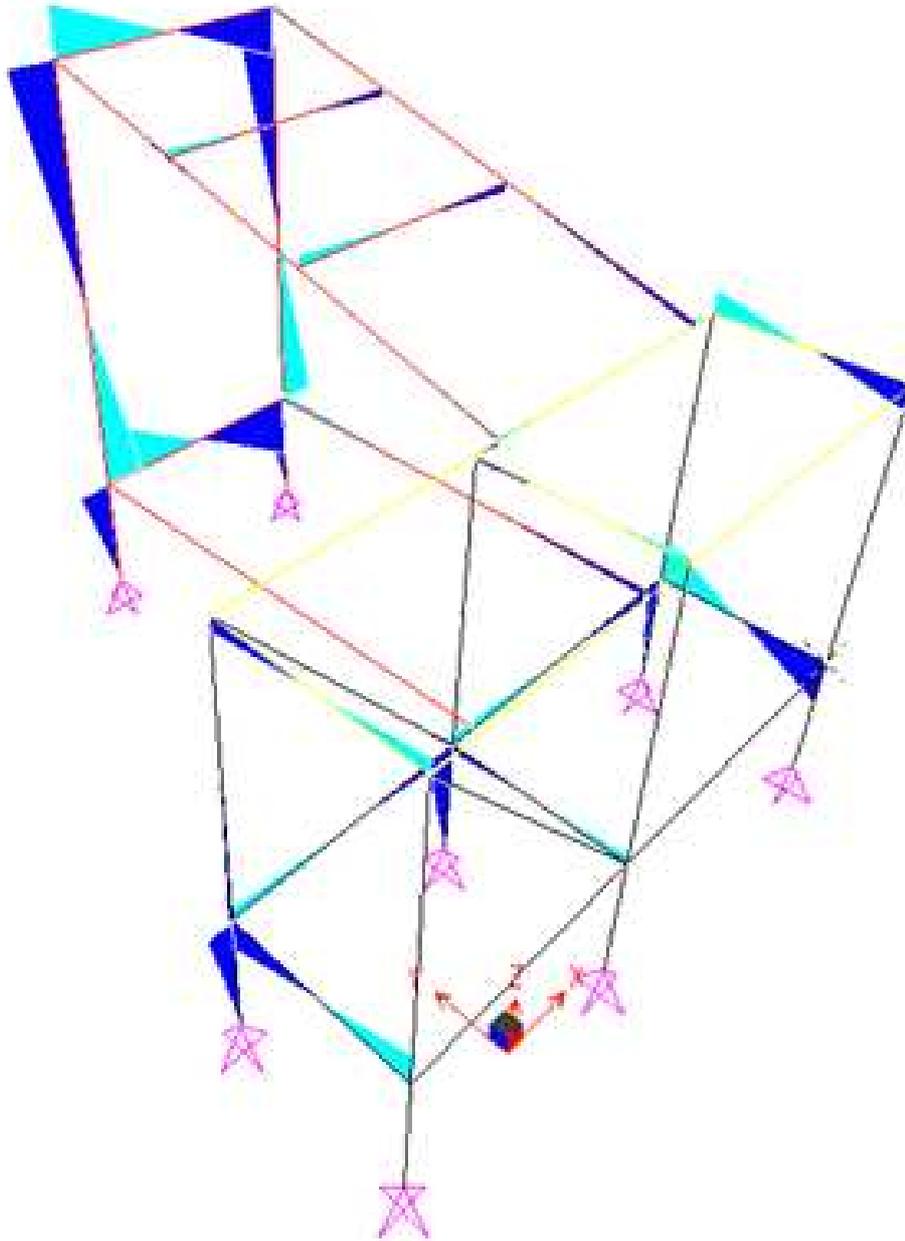


DIAGRAMA DE CORTES EN LA ESTRUCTURA

DIAGRAMA ALRDEDOR DEL EJE 2-2

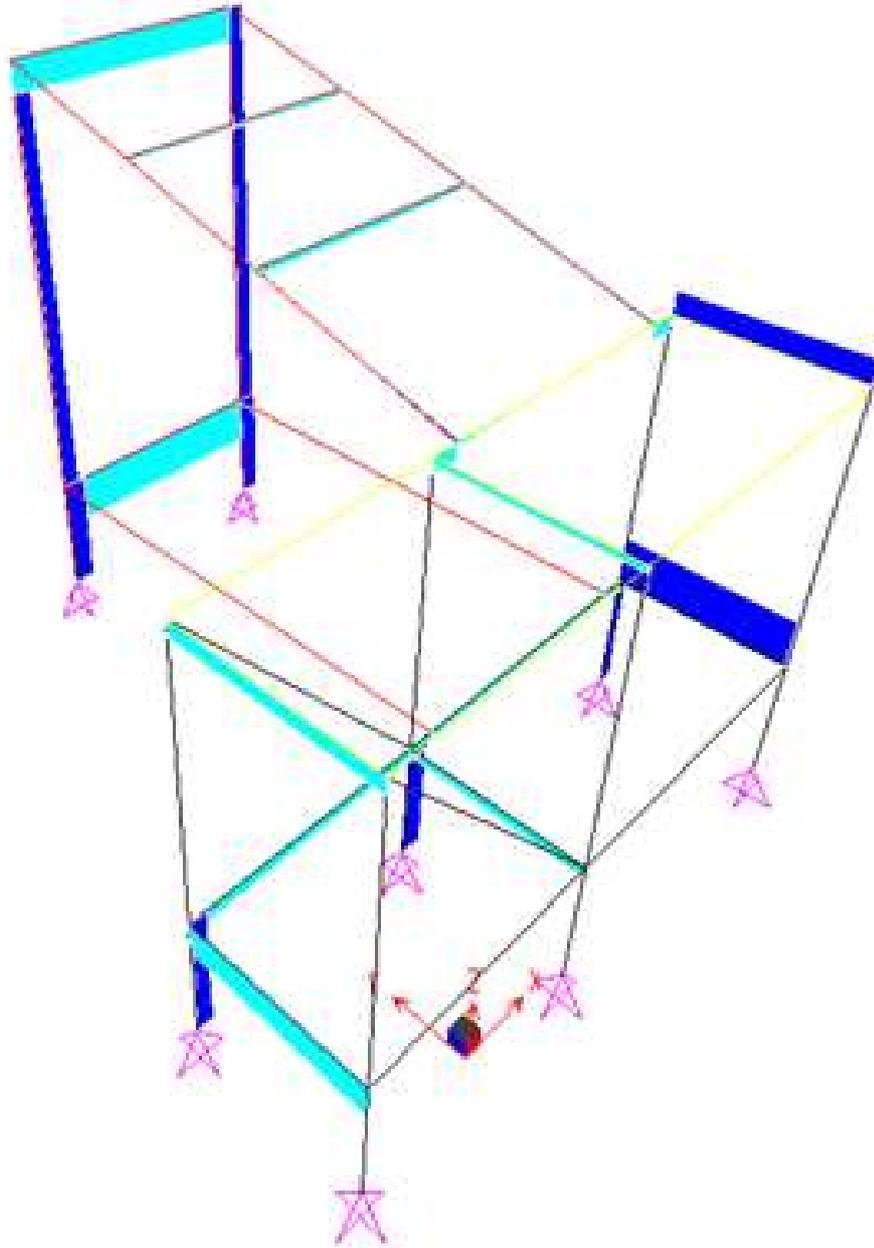


DIAGRAMA ALREDEDOR DEL EJE 3-3

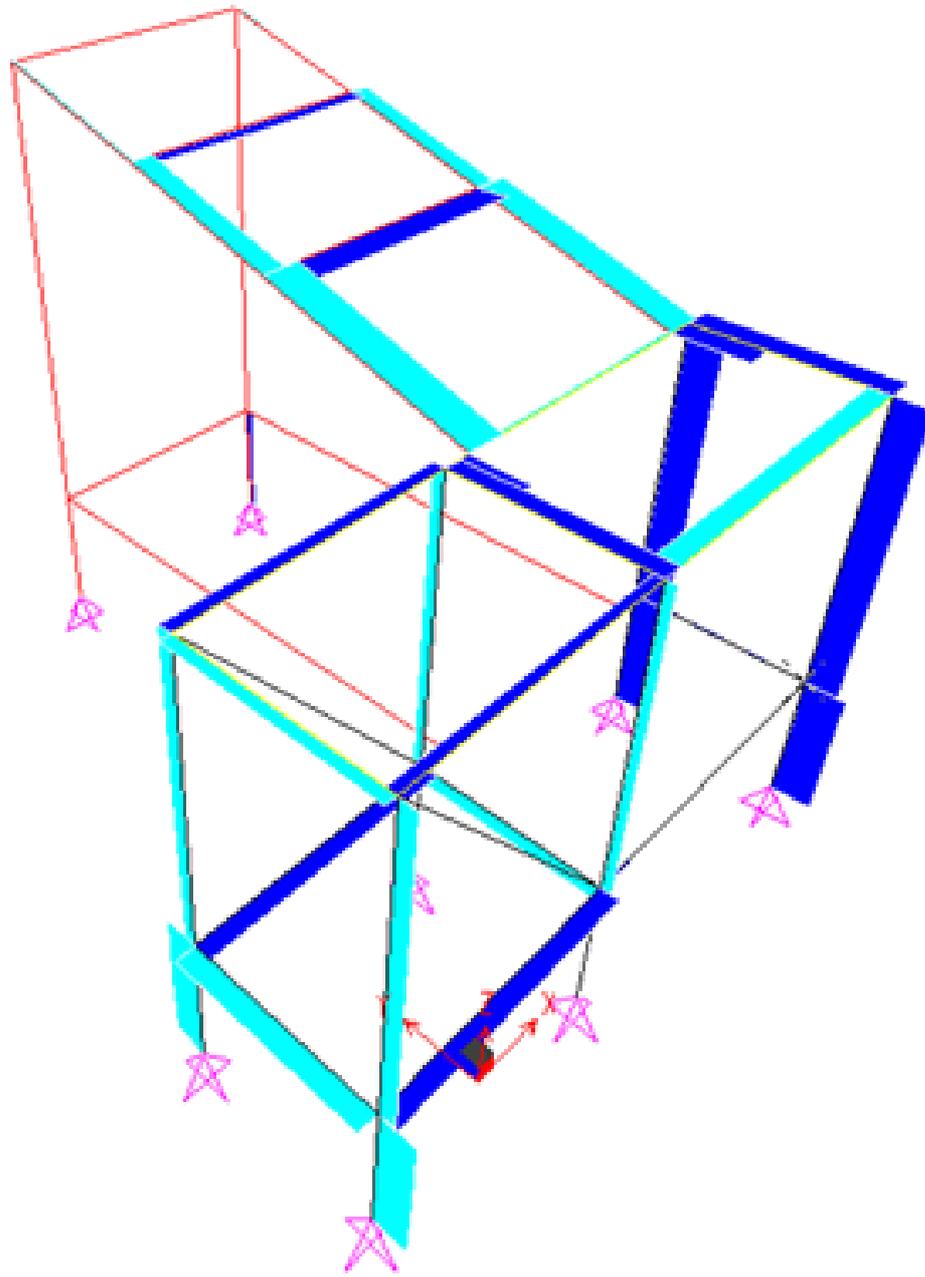


TABLA DE DIAGRAMA DE UN PERFIL

Diagrams for Frame Object 51 (40X40X2)

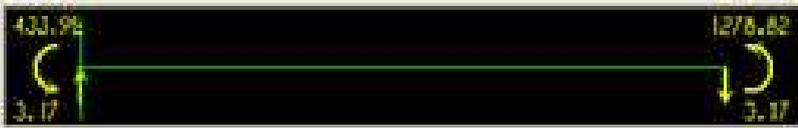
Case: DSTL2  
Items: Minor (V3 and M2) Single valued

End Length Offset (Location)  
I-End: Jt: 4  
0.000 mm (0.00 mm)  
J-End: Jt: 6  
0.000 mm (540.00 mm)

Display Options  
 Scroll for Values  
 Show Max

Location: 0.00 mm

Equivalent Loads - Free Body Diagram (Concentrated Forces in Kgf, Concentrated Moments in Kgf-mm)



Dist Load (3-dir)  
0.000 Kgf/mm  
at 0.00 mm  
Positive in -3 direction

Resultant Shear



Shear V3  
-3.17 Kgf  
at 0.00 mm

Resultant Moment



Moment M2  
-433.95 Kgf-mm  
at 0.00 mm

Deflections

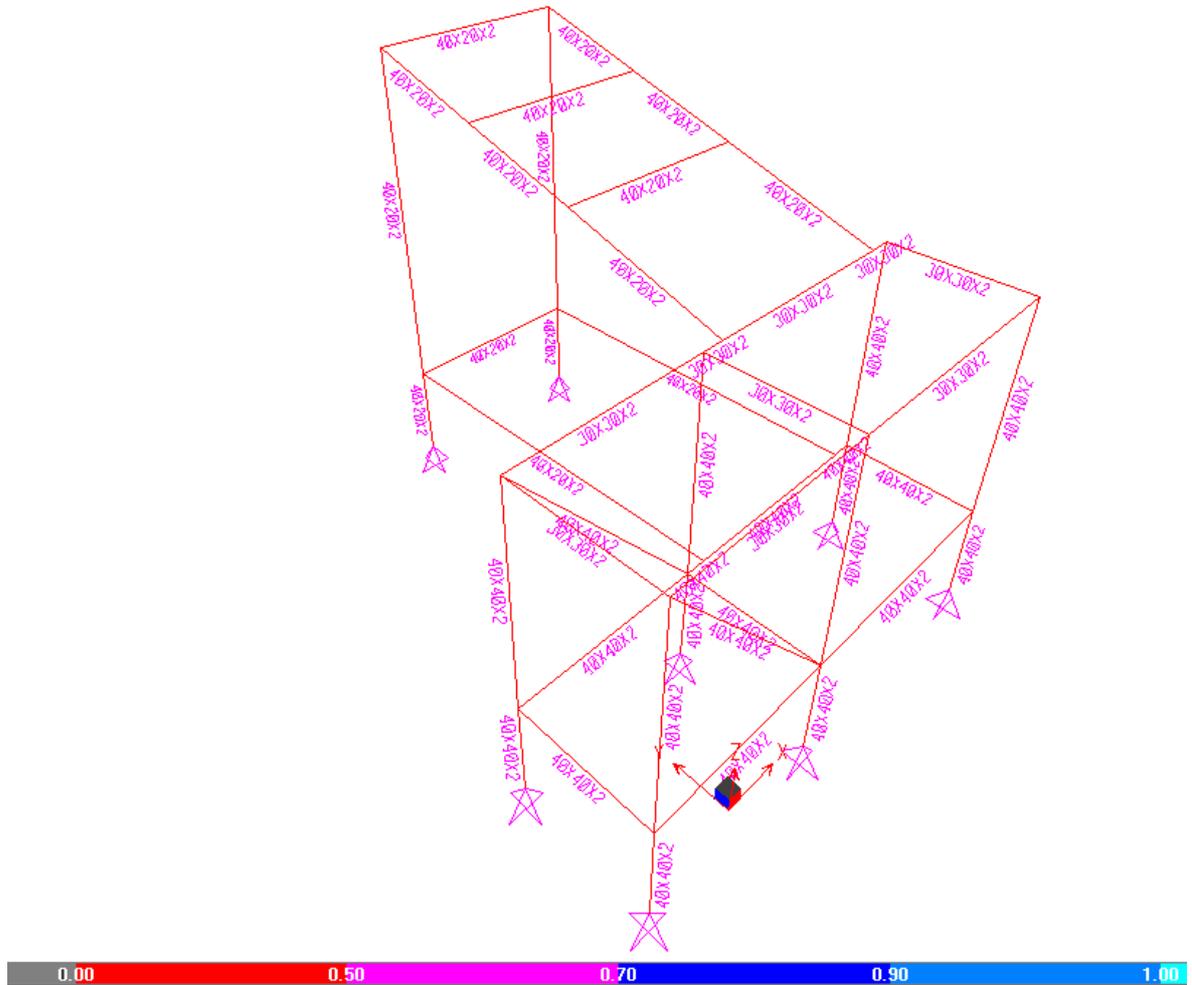


Deflection (3-dir)  
0.000000 mm  
at 0.00 mm  
Positive in -3 direction

Absolute  Relative to Beam Minimum  Relative to Beam Ends

Reset to Initial Units Done Units: Kgf, mm, C

# GRAFICO DE COMPROBACION DEL DISEÑO VS LA SELECCIÓN DE PERFILES



**TABLAS DE RESULTADOS DEL CÁLCULO ESTRUCTURAL.**

<b>TABLE: Assembled Joint Masses</b>						
<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Text	Kgf-s2/mm	Kgf-s2/mm	Kgf-s2/mm	Kgf-mm-s2	Kgf-mm-s2	Kgf-mm-s2
1	0.00003041	0.00003041	0.00003041	0	0	0
2	0.0001867	0.0001867	0.0001867	0	0	0
3	0.0001464	0.0001464	0.0001464	0	0	0
4	0.0001898	0.0001898	0.0001898	0	0	0
5	0.0002056	0.0002056	0.0002056	0	0	0
6	0.0002202	0.0002202	0.0002202	0	0	0
7	0.0003459	0.0003459	0.0003459	0	0	0
8	0.0001392	0.0001392	0.0001392	0	0	0
9	0.0002814	0.0002814	0.0002814	0	0	0
10	0.00003041	0.00003041	0.00003041	0	0	0
11	0.00009886	0.00009886	0.00009886	0	0	0
12	0.0001411	0.0001411	0.0001411	0	0	0
13	0.00003041	0.00003041	0.00003041	0	0	0
14	0.0002202	0.0002202	0.0002202	0	0	0
15	0.0001898	0.0001898	0.0001898	0	0	0
16	0.00003041	0.00003041	0.00003041	0	0	0
17	0.00003041	0.00003041	0.00003041	0	0	0
18	0.0001461	0.0001461	0.0001461	0	0	0
19	0.00002241	0.00002241	0.00002241	0	0	0
20	0.0002272	0.0002272	0.0002272	0	0	0
21	0.0001501	0.0001501	0.0001501	0	0	0
22	0.00008373	0.00008373	0.00008373	0	0	0
23	0.0001461	0.0001461	0.0001461	0	0	0
24	0.00009681	0.00009681	0.00009681	0	0	0
25	0.00009681	0.00009681	0.00009681	0	0	0
26	0.0001061	0.0001061	0.0001061	0	0	0
27	0.0001061	0.0001061	0.0001061	0	0	0

**Tablas de Resultados del Cálculo Estructural (continuación)**

<b>TABLE: Assembled Joint Masses</b>						
<b>Joint</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Text	Kgf-s2/mm	Kgf-s2/mm	Kgf-s2/mm	Kgf-mm-s2	Kgf-mm-s2	Kgf-mm-s2
28	0.00002241	0.00002241	0.00002241	0	0	0
29	0.0002272	0.0002272	0.0002272	0	0	0
30	0.00008373	0.00008373	0.00008373	0	0	0
31	0.0001501	0.0001501	0.0001501	0	0	0
32	0.00003041	0.00003041	0.00003041	0	0	0

**TABLAS DE LAS FUERZAS QUE SOPORTAN LOS PERFILES DE LA ESTRUCTUR**

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text	mm
2	0	DSTL2	Combination	-0.32	-0.77	-0.039	0.65	-16.41	-83.11	1	0
2	290	DSTL2	Combination	-0.32	-0.16	-0.039	0.65	-5.1	51.83	1	290
2	580	DSTL2	Combination	-0.32	0.45	-0.039	0.65	6.22	9.33	1	580
4	0	DSTL2	Combination	0.38	-0.58	0.18	26.15	-4.39	-67.31	2	0
4	450	DSTL2	Combination	0.38	0.37	0.18	26.15	-85.9	-21.02	2	450
5	0	DSTL2	Combination	-0.61	-0.55	-1.13	137.46	-599.81	-42.42	3	0
5	351.46	DSTL2	Combination	-1.39	0.0895	-1.13	137.46	-202.04	39.33	3	351.46
5	702.92	DSTL2	Combination	-2.16	0.73	-1.13	137.46	195.72	-105.35	3	702.92
6	0	DSTL2	Combination	-2.13	-15.36	0.38	91.02	34.19	-796.51	4	0
6	160	DSTL2	Combination	-2.13	-15.02	0.38	91.02	-26.55	1633.46	4	160
6	160	DSTL2	Combination	-2.13	20.98	0.38	91.02	-26.55	1633.46	4	160
6	320	DSTL2	Combination	-2.13	21.32	0.38	91.02	-87.3	-1750.57	4	320
7	0	DSTL2	Combination	3.62	-0.36	0.044	-17.37	63.35	-99.88	5	0
7	320	DSTL2	Combination	3.62	0.56	0.044	-17.37	49.26	-131.18	5	320
9	0	DSTL2	Combination	-1.75	-15.13	-0.11	-114	-0.75	-776.86	6	0

Tablas de las Fuerzas que Soportan los Perfiles de la Estructuras (continuación)

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text	mm
9	160	DSTL2	Combination	-1.75	21.21	-0.11	-114	17.03	1616.8	6	160
9	320	DSTL2	Combination	-1.75	21.55	-0.11	-114	34.81	-1803.55	6	320
10	0	DSTL2	Combination	2.12	-0.38	-0.15	34.08	-18.41	-72.91	7	0
10	320	DSTL2	Combination	2.12	0.54	-0.15	34.08	28.23	-98.07	7	320
12	0	DSTL2	Combination	-0.52	-1.73	-0.62	-98.44	-84.68	-445.71	8	0
12	450	DSTL2	Combination	-0.52	-0.78	-0.62	-98.44	192.24	118.9	8	450
13	0	DSTL2	Combination	1.85	-0.79	1.31	-127.7	651.36	-121.34	9	0
13	351.46	DSTL2	Combination	1.08	-0.14	1.31	-127.7	191.52	42.74	9	351.46
13	702.92	DSTL2	Combination	0.3	0.5	1.31	-127.7	-268.32	-19.62	9	702.92
14	0	DSTL2	Combination	-4.12	-29.87	0.19	-5.23	142.35	-1853.76	10	0
14	160	DSTL2	Combination	-4.12	-29.53	0.19	-5.23	112.57	2898.71	10	160
14	160	DSTL2	Combination	-4.12	30.47	0.19	-5.23	112.57	2898.71	10	160
14	320	DSTL2	Combination	-4.12	30.8	0.19	-5.23	82.79	-2002.82	10	320
19	0	DSTL2	Combination	4.7	-0.0128	-0.0223	5.68	1.56	-113.5	11	0
19	320	DSTL2	Combination	4.7	0.9	-0.0223	5.68	8.69	-256	11	320
21	0	DSTL2	Combination	1.46	-1.24	0.0034	-2.13	3.88	-278.96	12	0

**Tablas de las Fuerzas que Soportan los Perfiles de la Estructuras (continuación)**

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text
21	477.5	DSTL2	Combination	1.46	-0.24	0.0034	-2.13	2.27	73.87	12
21	955	DSTL2	Combination	1.46	0.77	0.0034	-2.13	0.66	-54.35	12
23	0	DSTL2	Combination	-1.16	-8.17	-0.0212	0.43	42.38	-469.52	13
23	240	DSTL2	Combination	-1.16	-7.67	-0.0212	0.43	47.47	1430.99	13
23	240	DSTL2	Combination	-1.16	7.57	-0.0212	0.43	47.47	1430.99	13
23	480	DSTL2	Combination	-1.16	8.08	-0.0212	0.43	52.55	-447.63	13
24	0	DSTL2	Combination	-0.0129	-8.12	-0.0338	0.87	65.82	-101.87	14
24	240	DSTL2	Combination	-0.0129	-7.61	-0.0338	0.87	73.92	1785.96	14
24	240	DSTL2	Combination	-0.0129	7.63	-0.0338	0.87	73.92	1785.96	14
24	480	DSTL2	Combination	-0.0129	8.13	-0.0338	0.87	82.02	-105.34	14
25	0	DSTL2	Combination	-0.2	-8.15	-0.0357	1.16	78.4	-83.97	15
25	240	DSTL2	Combination	-0.2	-7.64	-0.0357	1.16	86.98	1810.14	15
25	240	DSTL2	Combination	-0.2	7.6	-0.0357	1.16	86.98	1810.14	15
25	480	DSTL2	Combination	-0.2	8.11	-0.0357	1.16	95.55	-74.87	15
27	0	DSTL2	Combination	1.41	-0.58	0.0057	-0.51	6.71	-107.33	16
27	480	DSTL2	Combination	1.41	0.43	0.0057	-0.51	3.99	-69.66	16

Tablas de las Fuerzas que Soportan los Perfiles de la Estructuras (continuación)

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text	mm
28	0	DSTL2	Combination	-2.27	-8.49	0.0042	-2.36	37.79	-581.56	17	0
28	240	DSTL2	Combination	-2.27	-7.99	0.0042	-2.36	36.78	1395.8	17	240
28	240	DSTL2	Combination	-2.27	7.25	0.0042	-2.36	36.78	1395.8	17	240
28	480	DSTL2	Combination	-2.27	7.76	0.0042	-2.36	35.77	-405.96	17	480
29	0	DSTL2	Combination	3.8	-0.66	-0.17	4.03	-42.25	-91.46	18	0
29	480	DSTL2	Combination	3.8	0.71	-0.17	4.03	37.82	-103.16	18	480
31	0	DSTL2	Combination	1.48	-1.23	-0.0127	1.12	-6.68	-277.63	19	0
31	477.5	DSTL2	Combination	1.48	-0.23	-0.0127	1.12	-0.64	70.86	19	477.5
31	955	DSTL2	Combination	1.48	0.78	-0.0127	1.12	5.41	-61.71	19	955
33	0	DSTL2	Combination	-22.92	0.27	0.73	0	0	4.263E-15	20	0
33	125	DSTL2	Combination	-22.56	0.27	0.73	0	-90.7	-34.27	20	125
33	250	DSTL2	Combination	-22.2	0.27	0.73	0	-181.4	-68.54	20	250
34	0	DSTL2	Combination	-18.25	-0.32	-1.91	-13.38	-209.09	-67.12	21	0
34	270	DSTL2	Combination	-17.48	-0.32	-1.91	-13.38	306.46	19.85	21	270
34	540	DSTL2	Combination	-16.7	-0.32	-1.91	-13.38	822.01	106.83	21	540
35	0	DSTL2	Combination	0.28	-0.78	0.3	-14.7	48.57	-66.59	22	0

**Tablas de las Fuerzas que Soportan los Perfiles de la Estructuras (continuación)**

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text	mm
35	450	DSTL2	Combination	0.28	0.51	0.3	-14.7	-88.35	-4.86	22	450
36	0	DSTL2	Combination	0.01469	-0.96	0.16	-4.87	65.82	-126.16	23	0
36	290	DSTL2	Combination	0.01469	-0.13	0.16	-4.87	20.22	31.43	23	290
36	580	DSTL2	Combination	0.01469	0.7	0.16	-4.87	-25.38	-51.79	23	580
37	0	DSTL2	Combination	-41.45	2.59	0.37	28.39	119.9	970.47	24	0
37	270	DSTL2	Combination	-42.22	2.59	0.37	28.39	20.12	272.1	24	270
37	540	DSTL2	Combination	-42.99	2.59	0.37	28.39	-79.66	-426.28	24	540
38	0	DSTL2	Combination	-45.39	-0.66	-0.55	0	-136.78	-166.08	25	0
38	125	DSTL2	Combination	-45.75	-0.66	-0.55	0	-68.39	-83.04	25	125
38	250	DSTL2	Combination	-46.11	-0.66	-0.55	0	1.92E-14	-2.781E-15	25	250
39	0	DSTL2	Combination	-39.2	-2.9	0.43	-5.84	105.52	-1161.53	26	0
39	270	DSTL2	Combination	-39.97	-2.9	0.43	-5.84	-10.2	-377.65	26	270
39	540	DSTL2	Combination	-40.74	-2.9	0.43	-5.84	-125.92	406.24	26	540
40	0	DSTL2	Combination	-42.92	0.77	-0.37	0	-93.59	191.89	27	0
40	125	DSTL2	Combination	-43.28	0.77	-0.37	0	-46.79	95.95	27	125
40	250	DSTL2	Combination	-43.63	0.77	-0.37	0	2.87E-14	5.046E-15	27	250

Tablas de las Fuerzas que Soportan los Perfiles de la Estructuras (continuación)

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text	mm
41	0	DSTL2	Combination	-2.73	-18.4	1.14	-1729	-31.01	-1507.2	28	0
41	50	DSTL2	Combination	-2.73	-18.29	1.14	-1729	-88.24	-589.95	28	50
43	0	DSTL2	Combination	-2.79	17.55	-1.32	1698	-106.74	-395.52	29	0
43	50	DSTL2	Combination	-2.79	17.65	-1.32	1698	-40.65	-1275.5	29	50
44	0	DSTL2	Combination	-0.065	-1.11	-0.23	13.62	-35.13	-112.24	30	0
44	450	DSTL2	Combination	-0.065	0.18	-0.23	13.62	68.14	97.77	30	450
45	0	DSTL2	Combination	3.81	-1.58	-1.62	-50.32	-124.12	-164.67	31	0
45	50	DSTL2	Combination	3.81	-1.44	-1.62	-50.32	-42.91	-89.34	31	50
47	0	DSTL2	Combination	3.82	1.49	1.31	65.74	43.22	-102.04	32	0
47	50	DSTL2	Combination	3.82	1.64	1.31	65.74	-22.39	-180.26	32	50
48	0	DSTL2	Combination	-31.95	0.13	3.43	-43.83	1322.22	7.66	33	0
48	270	DSTL2	Combination	-32.72	0.13	3.43	-43.83	396.27	-27.73	33	270
48	540	DSTL2	Combination	-33.49	0.13	3.43	-43.83	-529.67	-63.12	33	540
49	0	DSTL2	Combination	-35.51	0.17	-1.04	0	-260.05	43.44	34	0
49	125	DSTL2	Combination	-35.87	0.17	-1.04	0	-130.02	21.72	34	125
49	250	DSTL2	Combination	-36.23	0.17	-1.04	0	-5E-14	1.541E-14	34	250

Tablas de las Fuerzas que Soportan los Perfiles de la Estructuras (continuación)

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text	mm
50	0	DSTL2	Combination	-33.18	0.0113	1.22	0	0	2.132E-15	35	0
50	125	DSTL2	Combination	-32.83	0.0113	1.22	0	-152.88	-1.41	35	125
50	250	DSTL2	Combination	-32.47	0.0113	1.22	0	-305.76	-2.82	35	250
51	0	DSTL2	Combination	-31.67	-0.25	-3.17	50.13	-433.95	-75.08	36	0
51	270	DSTL2	Combination	-30.9	-0.25	-3.17	50.13	422.44	-8.43	36	270
51	540	DSTL2	Combination	-30.13	-0.25	-3.17	50.13	1278.82	58.21	36	540
52	0	DSTL2	Combination	-16.75	0.91	1.23	10.59	710.03	542.05	37	0
52	425	DSTL2	Combination	-17.65	0.91	1.23	10.59	186.8	154.42	37	425
52	850	DSTL2	Combination	-18.55	0.91	1.23	10.59	-336.44	-233.22	37	850
53	0	DSTL2	Combination	-20.38	-0.5	-0.23	0	-57.99	-123.75	38	0
53	125	DSTL2	Combination	-20.64	-0.5	-0.23	0	-28.99	-61.88	38	125
53	250	DSTL2	Combination	-20.9	-0.5	-0.23	0	-1.5E-15	-8.996E-15	38	250
54	0	DSTL2	Combination	1.5	-8.54	-0.25	-85.34	-27.99	-709.61	39	0
54	150	DSTL2	Combination	1.4	-8.24	-0.25	-85.34	9.36	548.35	39	150
54	300	DSTL2	Combination	1.3	-7.93	-0.25	-85.34	46.71	1761.16	39	300
55	0	DSTL2	Combination	-1.17	-0.2	-0.26	-8.77	-47.35	1762.04	40	0

Tablas de las Fuerzas que Soportan los Perfiles de la Estructuras (continuación)

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text	mm
55	150	DSTL2	Combination	-1.27	0.099	-0.26	-8.77	-8.07	1769.76	40	150
55	300	DSTL2	Combination	-1.37	0.4	-0.26	-8.77	31.21	1732.33	40	300
56	0	DSTL2	Combination	-3.85	8.16	-0.46	46.89	-69.29	1733.5	41	0
56	202.03	DSTL2	Combination	-3.98	8.56	-0.46	46.89	24	44.32	41	202.03
56	404.05	DSTL2	Combination	-4.11	8.97	-0.46	46.89	117.29	-1726.75	41	404.05
57	0	DSTL2	Combination	-16.65	-0.85	1.24	-10.67	712.43	-513.86	42	0
57	425	DSTL2	Combination	-17.55	-0.85	1.24	-10.67	187.39	-152.96	42	425
57	850	DSTL2	Combination	-18.45	-0.85	1.24	-10.67	-337.65	207.94	42	850
58	0	DSTL2	Combination	-20.11	0.55	-0.24	0	-59.51	137.16	43	0
58	125	DSTL2	Combination	-20.37	0.55	-0.24	0	-29.76	68.58	43	125
58	250	DSTL2	Combination	-20.64	0.55	-0.24	0	-1.3E-16	-9.326E-16	43	250
59	0	DSTL2	Combination	1.45	-8.54	0.31	82.51	39.68	-712.86	44	0
59	150	DSTL2	Combination	1.35	-8.24	0.31	82.51	-7.1	545.88	44	150
59	300	DSTL2	Combination	1.26	-7.94	0.31	82.51	-53.89	1759.47	44	300
60	0	DSTL2	Combination	-1.29	-0.21	0.32	7.64	56.65	1758.6	45	0
60	150	DSTL2	Combination	-1.38	0.0867	0.32	7.64	7.94	1768.17	45	150

**Tablas de las Fuerzas que Soportan los Perfiles de la Estructuras (continuación)**

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text	mm
60	300	DSTL2	Combination	-1.48	0.39	0.32	7.64	-40.78	1732.58	45	300
61	0	DSTL2	Combination	-4.02	8.09	0.52	-34.07	73.22	1731.42	46	0
61	202.03	DSTL2	Combination	-4.15	8.49	0.52	-34.07	-32.78	56.47	46	202.03
61	404.05	DSTL2	Combination	-4.28	8.9	0.52	-34.07	-138.78	-1700.39	46	404.05
62	0	DSTL2	Combination	-15.58	-0.21	-1.79	6.97	-777.51	-104.64	47	0
62	270	DSTL2	Combination	-16.35	-0.21	-1.79	6.97	-294.36	-49.11	47	270
62	540	DSTL2	Combination	-17.13	-0.21	-1.79	6.97	188.8	6.41	47	540
63	0	DSTL2	Combination	-18.21	-0.0452	0.48	0	120.76	-11.3	48	0
63	125	DSTL2	Combination	-18.57	-0.0452	0.48	0	60.38	-5.65	48	125
63	250	DSTL2	Combination	-18.93	-0.0452	0.48	0	3.17E-14	3.404E-16	48	250

## TABLAS DE REACCIONES

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm
1	DSTL2	Combination	-0.27	-0.73	22.92	0	0	0
10	DSTL2	Combination	-0.66	0.55	46.11	0	0	0
13	DSTL2	Combination	0.77	0.37	43.63	0	0	0
16	DSTL2	Combination	0.17	1.04	36.23	0	0	0
17	DSTL2	Combination	-0.01126	-1.22	33.18	0	0	0
19	DSTL2	Combination	-0.5	0.23	20.9	0	0	0
28	DSTL2	Combination	0.55	0.24	20.64	0	0	0
32	DSTL2	Combination	-0.04519	-0.48	18.93	0	0	0

**ANEXO 13. TUBOS ESTRUCTURALES**



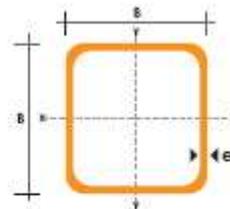
## TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

### Especificaciones Generales

<b>Nómina</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Longo nominal</b>	6 mts.
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20mm a 100mm
<b>Espesor</b>	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA		EJES X-Xe Y-Y	
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	I
mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,55	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,59	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,19	0,92
30	1,2	1,09	1,39	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,28	2,85	11,06	4,42	1,57
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,35	270,57	54,11	3,84





**DIPAC**<sup>®</sup>  
PRODUCTOS DE ACERO

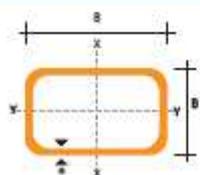
## TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6 mts.
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 12mm x 25mm a 40mm x 80mm
<b>Espesor</b>	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA		EJES X-X		EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPEJOR mm	PERO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>
20	40	1,2	1,05	1,32	2,51	1,30	1,12	0,88	0,68
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,66	1,74	2,19	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	0,98
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	1,68
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,75	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	1,20
40	80	1,5	2,75	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,45	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,66	38,97	2,07
50	150	2,0	5,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	2,19
50	150	3,0	8,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	2,15



**ANEXO 14. PLANCHAS INOXIDABLES**



**DIPAC**<sup>®</sup>  
PRODUCTOS DE ACERO

PLANCHAS

**PLANCHAS  
INOXIDABLES**

Especificaciones Generales

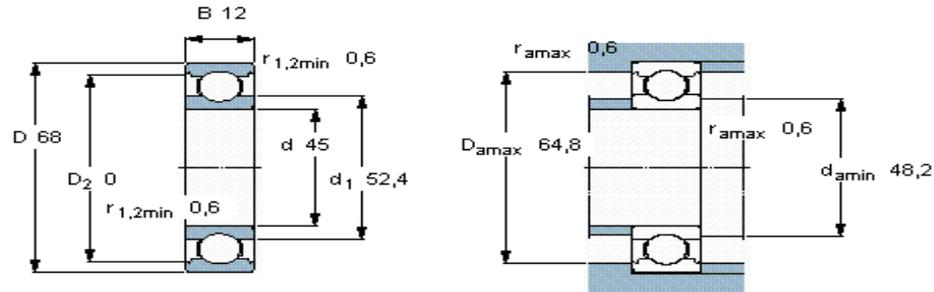
**Norma:** 304, 316, 430  
**Espesores:** Desde 0,40mm hasta 16,00mm  
**Baldos:** X 1220  
**Planchas:** 4 x 8  
Largos y calidades especiales  
bajo pedido

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Acier inoxidable	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 Ti		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	16,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 13,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
Ferrita	13Cr-Al	SUS 405	405	4202	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	14Cr	SUS 429	429	4209	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensita	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Induzidos por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

JIS\* Japanese Industrial Standards  
AISI\*\* American Iron and Steel Institute  
DIN\*\*\* Deutsche Industrie Normen

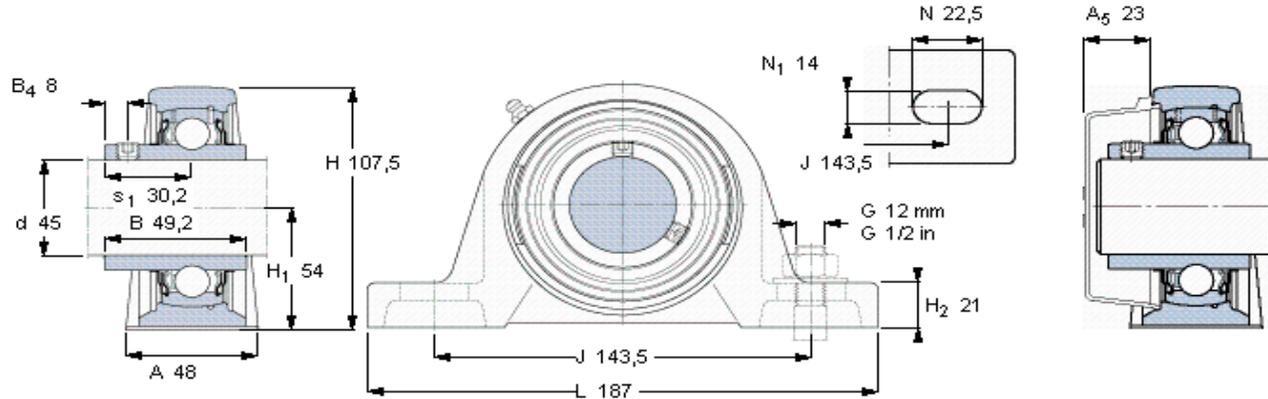
**ANEXO 15. CARACTERÍSTICAS DE RODAMIENTOS Y  
CHUMACERA.**

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, no están obturados									
Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga	Velocidades		Masa	Designación
			dinámica	estática		Velocidad de referencia límite	Velocidad		
d	D	B	C	Co	Pu				
mm			kN		kN	rpm		Kg	-
45	68	12	14	10.8	0.465	20000	13000	0.14	61909

**Factores de cálculo** $k_r$  0,02 $f_0$  16

**Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero, rodamientos métricos**

Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite	Masa	Designaciones		
d	A	H	H <sub>1</sub>	L	C	C <sub>0</sub>	con eje de tolerancia h6		Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
mm					kN		rpm	kg	-		
45	48	107,5	54	187	33,2	21,6	4300	2,2	SY 45 TF	SY 509 M	YAR 209-2F



**Prisionero**

Par de apriete recomendado, Nm  
Tamaño de la llave hexagonal, mm

**Tapa**

M 8x1  
6,5  
4  
ECY 209

**ANEXOS 16. FOTOS DE LA MÁQUINA Y PRUEBAS REALIZADAS.**



Bloque de hielo que se fabrica



Bloque de hielo colocado en la máquina para realizar las pruebas.



Inicio de la prueba.



Primeros trozos de hielo que se obtiene en la prueba.



Hielo picado en la cámara de reciclaje.



Finalización de la prueba, obtención del hielo picado.