



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UN TÚNEL DE CONGELAMIENTO  
DISCONTINUO PARA PESCADO EN LA EMPRESA EL  
DORADO EN EL CANTÓN ESMERALDAS.”**

**TESIS DE GRADO  
Previa la obtención del Título de:  
INGENIERO QUÍMICO**

**DAMIAN AQUILES VELEZ NAVIA**

**RIOBAMBA \*\*\* ECUADOR**

**2011**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme salud y vida, a mis padres por cuidarme y enseñarme las cosas que jamás debo hacer, a mi familia por el apoyo siempre brindado, a todos y cada uno de mis maestros por ilustrarme cada día con sus conocimientos y a todos aquellos que de una u otra forma han contribuido para hacer realidad este sueño.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a Dios por haberme bendecido con la familia que tengo, gracias por darme salud y vida para seguir adelante. A mis padres porque siempre han estado y estarán apoyándome para que yo pueda seguir adelante. A mis hermanos y familia en general para demostrarles que con un poco de sacrificio se puede llegar a cualquier objetivo en la vida.

A los amigos que he cosechado en el transcurso de mi vida

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Yolanda Díaz <b>DECANA FAC. DE CIENCIAS</b>	.....	.....
Ing. Mario Villacrés <b>DIRECTOR DE ESC. ING. QUÍMICA</b>	.....	.....
Ing. Hannibal Brito <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Ing. Hugo Calderón <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
Ing. José Usiña <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....

## **HOJA DE RESPONSABILIDAD**

Yo **DAMIÁN AQUILES VÉLEZ NAVIA**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**.

---

**DAMIAN AQUILES VELE NAVIA**

## INDICE DE ABREVIATURAS

$A_c$	: área externa de paredes y techo ( $m^2$ )
$ce$	: calor específico del pescado a congelar (BTU/lb. °F)
$ce_{cong.}$	: calor específico del pescado congelado (BTU/lb. °F)
$COP_R$	: COP del ciclo de refrigeración
$dT$	: diferencia de temperatura (°C)
$E_c$	: energía cinética (KW)
$E_p$	: energía potencial (KW)
$h$	: entalpía (KJ/Kg)
$HR_A$	: Humedad relativa de almacenamiento (%)
$k$	: coeficiente de conductividad térmica de paredes y techo ( $W/m^2k$ )
$lb$	: libras de pescado a congelar (lb)
$\dot{m}$	: flujo másico de refrigerante (Kg/s)
$n$	: número de renovaciones de aire al día
$m_a$	: masa de aire que entra al túnel (kg)
$P$	: presión (atm.)
$P_{atm.}$	: presión atmosférica (atm)
$Q^*_T$	: carga térmica total corregida (BTU/h)
$Q$	: calor (BTU)

$Q_1$	: calor cedido por el sistema (KJ/Kg)
$Q_2$	: calor absorbido por el sistema (KJ/Kg)
$Q_c$	: calor referido a la transmisión por conducción (BTU)
$q_{lc}$	: calor latente de congelación del pescado (BTU/lb)
$Q_{lc}$	: calor latente de congelación de toda la mercadería (BTU)
$Q_r$	: enfriamiento del aire por renovación e infiltraciones (BTU/h)
$Q_s$	: calor sensible del pescado no congelado (BTU)
$Q_{sc}$	: calor sensible del pescado congelado (BTU)
$Q_T$	: carga térmica total (BTU)
$Q_{Tfe}$	: carga térmica total por factores externos (BTU/h)
$Q_{Tfi}$	: carga térmica total por factores internos (BTU/h)
$Q_{ts}$	: carga térmica por servicios (BTU/h)
$T_{cond.}$	: temperatura de condensación (°C)
$T_{cong}$	: temperatura de congelación del pescado (°C)
$T_d$	: temperatura deseada del pescado (°C)
$T_{evap.}$	: temperatura de evaporación (°C)
$T_{ext.}$	: temperatura exterior del túnel (°C)
$T_i$	: temperatura inicial del pescado (°C)
$T_m$	: temperatura del medio exterior (°C)

$T_r$	: toneladas de refrigeración (Tr)
$T_t$	: temperatura del túnel ( $^{\circ}\text{C}$ )
$U$	: energía interna (KW)
$V$	: volumen interno del túnel ( $\text{m}^3$ )
$V^*$	: volumen específico del aire que entra al túnel( $\text{m}^3/\text{kg}$ )
$\dot{V}D$	: volumen de desplazamiento del compresor ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
$V_t$	: volumen del túnel ( $\text{m}^3$ )
$W$	: trabajo (J)
$W_c$	: trabajo del compresor (J)
$\dot{W}_c$	: potencia del compresor(KW)
$\Delta h$	: diferencia de entalpia entre aire externo e interno( $^{\circ}\text{C}$ )

## TABLA DE CONTENIDOS

Pp:

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

HOJA DE FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDAD

INDICE DE ABREVIATURA

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

INDICE DE ANEXOS

INDICE DE ECUACIONES

RESUMEN .....i

SUMMARY .....ii

INTRODUCCIÓN .....iii

ANTECEDENTES .....v

JUSTIFICACIÓN .....vii

OBJETIVOS .....viii

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>Pp:</b>
1. MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. PESCADO .....	1
1.1.1. TIPOS DE PESCADO .....	1
1.1.1.1. PESCADOS AZULES O GRASOS .....	1
1.1.1.2. PESCADOS SEMIGRASOS .....	1
1.1.1.3. PESCADOS BLANCOS O MAGROS .....	2
1.1.2. COMPOSICIÓN DE LA CARNE DE PESCADO .....	2
1.1.3. PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS .....	3
1.1.3.1. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS POR FRIO .....	3
1.1.3.1.1. REFRIGERACIÓN .....	3
1.1.3.1.2. CONGELACIÓN .....	3
1.1.3.1.3. ULTRA CONGELACIÓN .....	3
1.1.3.2. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS POR CALOR .....	3
1.1.3.2.1. ESCALDADO .....	3
1.1.3.2.2. PASTEURIZACIÓN .....	4
1.1.3.2.3. ESTERILIZACIÓN .....	4
1.1.3.3. OTROS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN .....	4
1.1.3.3.1. DESHIDRATACIÓN .....	4

**Pp:**

1.1.3.3.2. LIOFILIZACIÓN.....	4
1.1.3.3.3. DESECACIÓN.....	5
1.1.3.3.4. IRRADIACIÓN.....	5
1.1.3.3.5. ENVASADO AL VACÍO.....	5
1.1.3.4. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS POR MÉTODOS QUÍMICOS.....	5
1.1.3.4.1. SALAZÓN .....	5
1.1.3.4.2. AHUMADO.....	5
1.1.3.4.3. ACIDIFICACIÓN .....	5
1.1.3.4.4. ESCABECHADO .....	5
1.2. CONGELACIÓN.....	6
1.2.1. ASPECTOS FÍSICOS DE LA CONGELACIÓN.....	7
1.2.1.1. FORMACIÓN DE HIELO.....	7
1.2.1.2. CRISTALIZACIÓN DE HIELO.....	7
1.2.1.3. CAMBIOS DIMENSIONALES.....	8
1.2.1.4. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.....	8
1.2.1.5. CALOR DESPRENDIDO EN EL CURSO DE LA CONGELACIÓN.....	9
1.2.1.6. TIEMPOS DE CONGELACIÓN.....	9

**Pp:**

1.2.1.7. FIN DE LA CONGELACIÓN .....	9
1.2.2. CINÉTICA DEL PROCESO DE CONGELACIÓN .....	10
1.2.3. MÉTODOS DE CONGELACIÓN .....	13
1.2.3.1. POR INMERSIÓN .....	13
1.2.3.2. CONGELAMIENTO POR CONTACTO DIRECTO .....	14
1.2.3.3. CONGELAMIENTO POR CORRIENTES DE AIRE .....	14
1.2.4. TÚNEL DE CONGELACIÓN .....	15
1.2.5. CICLO DE REFRIGERACIÓN .....	16
1.2.5.1. SISTEMA BÁSICO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN.....	16
1.2.5.2. DESCRIPCIÓN DEL CICLO .....	16
1.2.5.3. BALANCE ENERGÉTICO DEL CICLO .....	17
1.2.5.4. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL CICLO .....	19
1.2.5.4.1. GAS REFRIGERANTE .....	19
1.2.5.4.2. COMPRESOR .....	21
1.2.5.4.3. CONDENSADOR .....	22
1.2.5.4.4. VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA .....	23
1.2.5.4.5. EVAPORADOR .....	24

**Pp:**

1.3 DISEÑO .....	24
1.3.1 FACTORES DEPENDIENTES AL PRODUCTO A CONGELAR .....	25
1.3.1.1 CALOR SENSIBLE DEL PESCADO NO CONGELADO .....	25
1.3.1.2 CALOR LATENTE DE CONGELACION DE TODA LA MERCADERIA .....	25
1.3.1.3 CALOR SENSIBLE DEL PESCADO CONGELADO .....	26
1.3.1.4 CARGA TOTAL PRODUCIDO EN FUNCION DEL PRODUCTO A CONGELAR .....	26
1.3.2 CALOR INDEPENDIENTES DEL PRODUCTO A CONGELAR.....	27
1.3.2.1 CALOR ESPECÍFICO A LA TRANSMISION POR CONDUCCION.....	27
1.3.2.2 ENFRIAMIENTO DE AIRE POR RENOVACION E INFILTRACIONES .....	28
1.3.2.3 CARGAS POR SERVICIOS.....	29
1.3.2.4 CARGA TERMICA TOTAL POR FACTORES EXTERNOS.....	30
1.3.3 CARGA TERMICA TOTAL .....	31
1.3.3.1. FACTOR DE SEGURIDAD .....	31
1.3.3.2. CALCULO DE TONELAJE .....	32

<b>CAPÍTULO II</b>	<b>Pp:</b>
2. PARTE EXPERIMENTAL .....	33
2.1. MUESTREO .....	33
2.2. METODOLOGIA .....	33
2.2.1. MÉTODOS .....	33
2.2.1.1. INDUCTIVO .....	34
2.2.1.2. DEDUCTIVO .....	34
2.2.1.3. EXPERIMENTAL .....	34
2.3. TECNICAS .....	34
2.3.1 TECNICAS PARA EL ANALISIS BROMATOLOGICO DEL PESCADO .....	36
2.3.1.1. DETERMINACION DEL Ph .....	36
2.3.1.2. DETERMINACION DE HUMEDAD .....	37
2.3.1.3. DETERMINACION DE PROTEINA .....	38
2.3.1.4. DETERMINACION DE CENIZA .....	40
2.3.1.5. DETERMINACION DE GRASA .....	41
2.4. DATOS .....	42
2.4.1. DATOS EXPERIMENTALES .....	42
2.4.1.1. DETERMINACION DEL Ph DEL PESCADO .....	42

**Pp:**

2.4.1.2. ANALISIS PROXIMAL DEL PESCADO .....	42
2.4.2. DATOS ADICIONALES .....	43
2.4.2.1. CONDICIONES EXTERIORES DEL PROYECTO .....	43
2.4.2.2. CARACTERISTICAS DEL PESCADO .....	44

### **CAPÍTULO III**

3. DISEÑO .....	45
3.1. ESTRUCTURA DEL TUNEL .....	45
3.2. SELECCIÓN DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO .....	45
3.3. SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE .....	46
3.4. CALCULOS DE LA CARGA TERMICA .....	47
3.4.1. FACTORES INTERNOS .....	47
3.4.1.1. CALOR SENSIBLE DEL PESCADO NO CONGELADO .....	47
3.4.1.2. CALOR LATENTE DE CONGELACION DE TODA LA MERCADERIA .....	48
3.4.1.3. CALOR SENSIBLE DEL PESCADO CONGELADO .....	48
3.4.1.4. CARGA TERMICA TOTAL PRODUCIDA EN FUNCION DEL PRODUCTO A CONGELAR .....	48
3.4.2. FACTORES EXTERNOS .....	49

**Pp:**

3.4.2.1. CALOR REFERIDO A LA TRANSMISION POR CONDUCCION.....	49
3.4.2.2. ENFRIAMIENTO DEL AIRE POR RENOVACION E INFILTRACIONES .....	50
3.4.2.3. CALOR POR SERVICIOS .....	51
3.4.2.4. CARGA TERMICA TOTAL POR FACTORES EXTERNOS O CARGAS INDEPENDIENTES AL PRODUCTO A CONGELAR.....	52
3.4.3. CARGA TERMICA TOTAL .....	52
3.4.3.1. FACTOR DE SEURIDAD .....	52
3.4.4. CALCULO DEL TONELAJE.....	53
3.5. CALCULO DEL CICLO DE REFRIGERACION.....	53
3.5.1. DETERMINACION DE LA TEMPERATURA DE CONDENSACION.....	53
3.5.2. DETERMINACION DE LA TEMPERATURA DE EVAPORACION.....	54
3.5.3. DESARROLLO DEL CICLO DE REFRIGERACION.....	54
3.5.4. CALCULOS DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS DEL CICLO.....	56
3.5.4.1. CALOR ABSORBIDO POR EL SISTEMA.....	56
3.5.4.2. FLUJO MASICO DEL REFRIGERANTE.....	56
3.5.4.3. POTENCIA DEL COMPRESOR.....	57
3.5.4.4. CALOR CEDIDO POR EL SISTEMA.....	58

**Pp:**

3.5.4.5. CALCULO DEL COP DEL CICLO.....	58
3.5.4.6. CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL CICLO.....	59
3.6. RESULTADOS.....	59
3.7. PROPUESTA .....	60
3.8. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	62
 <b>CAPÍTULO IV</b>	
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
4.1 CONCLUSIONES.....	63
4.2. RECOMENDACIONES.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA:</b>	<b>Pp:</b>
2.3.1.1-1 DETERMINACION DE PH .....	36
2.3.1.2-1 DETERMIANCION DE HUMEDAD .....	37
2.3.1.3-1 DETERMINACION DE PROTEINA .....	38
2.3.1.4-1 DETERMINACION DE CENIZA.....	40
2.3.1.5-1 DETERMINACION DE GRASA .....	41
2.4.1.1-1 pH DEL PESCADO .....	42
2.4.1.2-1 ANALISIS PROXIMAL DEL PESCADO.....	42
2.4.2.1-1DATOS METEREOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE ESMERAL.....	43
2.4.2.2-1 PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL PESCADO.....	44
2.4.2.2-2 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA.....	44
3.6-1 VARIABLES DETERMINADAS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO.....	59
3.7-1 CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS NECESARIOS.....	60
3.7-2 ESPECIFICACION DE LOS MATERIALES DEL TUNEL DE CONGELAMIENTO .....	61

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO</b>	<b>Pp:</b>
1.1.2-1 COMPOSICION DE LA CARNE DE PESCADO.....	2
1.2.2-1 SECUENCIA DE LA CONGELACION DE UN ALIMENTO.....	11
1.2.2-2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE CONGELACION REAL.....	12
1.2.2-3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE CONGELACION SIMPLIFICADO .....	12
1.2.5.1-1 DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIO TIPICO.....	16
3.7-1 DIMENSIONES EXTERNAS DEL TUNEL DE CONGELAMIENTO.....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>Pp:</b>
1.1.2-1 COMPOSICION DE LA CARNE DE PESCADO.....	2
1.2.5.4.1-1 FACTORES AMBIENTALES DE ALGUNOS REFRIGERANTES....	20
1.2.5.4.1-2 TIPOS DE REFRIGERANTE Y SU APLICACIÓN.....	21

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXOS

- I ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL PESCADO FRESCO
- II ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL PESCADO LUEGO DE 6 HORAS DE CONGELAMIENTO
- III ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL PESCADO LUEGO DE 12 HORAS DE CONGELAMIENTO
- IV FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE REFRIGERACIÓN
- V PANEL SÁNDWICH DE POLIURETANO PARA PAREDES Y TECHO
- VI DATOS TÉCNICOS DE LOS PANELES SÁNDWICH DE POLIURETANO
- VII TABLA DE TEMPERATURAS DE ALGUNOS REFRIGERANTES A PRESIÓN CONSTANTE
- VIII TABLA DE PRESIONES DE OPERACIÓN DE LOS REFRIGERANTES
- IX GRAFICA T vs P PARA VARIOS REFRIGERANTES COMUNES
- X CAMBIOS DE AIRE PROMEDIO EN 24 HORAS PARA CAMARAS DE CONGELAMIENTO
- XI CARTA PSICOMÉTRICA
- XII TABLA DE DIFERENCIA DE TEMPERATURA VS HUMEDAD RELATIVA PARA EVAPORADORES ENFRIADOS POR AIRE

- XIII PUERTA INDUSTRIAL PARA TUNEL DE CONGELAMIENTO
- XIV TABLA DE PROPIEDADES DEL LÍQUIDO Y VAPOR SATURADOS  
PARA ELR-22
- XV TABLA DE ENTALPIA DEL LÍQUIDO SUBENFRIADO Y EL VAPOR  
SOBRECALENTADO PARA EL R-22
- XVI TABLA DE ENTROPÍA DEL LÍQUIDO SUBENFRIADO Y EL VAPOR  
SOBRECALENTADO PARA EL R-22
- XVII TABLA DE VOLUMEN ESPECÍFICO DEL LIQUIDO SUBENFRIADO Y  
EL VAPOR SOBRECALENTADO PARA R-22
- XVIII CATALOGO DE VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA
- XIX LISTA MATERIALES NECESARIOS PARA CONSTRUCCION DEL  
TUNEL
- XX CERTIFICADO DE LA EMPRESA
- XXI NTE INEN 183

## INDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACIÓN:</b>	<b>Pp:</b>
1.2.5.3-1 BALANCE GENERAL DEL CICLO.....	17
1.2.5.3-2 TRABAJO DEL COMPRESOR.....	18
1.2.5.3-3 CALOR CEDIDO POR EL SISTEMA.....	18
1.2.5.3-4 CALOR ABSORBIDO POR EL SISTEMA.....	19
1.2.5.3-5 COP DEL CICLO DE REFRIGERACION.....	19
1.3.1.1-1 CALOR SENSIBLE DEL PESCADO NO CONGELADO.....	25
1.3.1.2-1 CALOR LATENTE DE CONGELACION DE TODA LA MERCADERIA.....	25
1.3.1.3-1 CALOR SENSIBLE DEL PESCADO CONGELADO.....	26
1.3.1.4-1 CARGA TOTAL PRODUCIDA EN FUNCION DEL PRODUCTO A CONGELAR.....	26
1.3.2.1-1 CALOR REFERIDO A LA TRANSMISION POR CONDUCCION.....	27
1.3.2.1-2 DIFERENCIAL DE TEMPERATURA.....	28
1.3.2.2-1 ENFRIAMIENTO DE AIRE POR RENOVACION E INFILTRACIONES .....	29
1.3.2.2-2 MASA DE AIRE QUE ENTRA A LA CAMARA .....	29
1.3.2.3-1 CARGAS POR SERVICIOS.....	30

**Pp:**

1.3.2.4-1 CARGA TERMICA TOTAL POR FACTORES EXTERNOS O CARGAS INDEPENDIENTES AL PRODUCTO A CONGELAR .....	30
1.3.3-1 CARGA TERMICA TOTAL .....	31
1.3.3.1-1FACTOR DE SEGURIDAD .....	31
1.3.3.2-1 CALCULO DEL TONELAJE.....	32
3.5.1-1 TEMPERATURA DE CONDENSACION .....	53
3.5.2-1 TEMPERATURA DE EVAPORACION .....	54
3.5.4.2-1 FLUJO MASICO DEL REFRIGERANTE .....	56
3.5.4.6-1 VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO DEL COMPRESOR .....	58

## RESUMEN

Este trabajo de investigación se enfoca en el diseño de un túnel de congelamiento discontinuo para pescado, para la Empresa El Dorado de la ciudad de Esmeraldas.

El diseño se basa en un modelo matemático que consiste en la determinación de la carga térmica que el sistema debe suministrar para poder congelar el producto.

Una vez desarrollados los cálculos se determina que el túnel de congelamiento tiene una capacidad de 11,814 toneladas de refrigeración, empleando refrigerante R-22 operará a una temperatura de  $-30^{\circ}\text{C}$  con una capacidad de 10000 libras de pescado logrando la congelación del producto hasta  $-18^{\circ}\text{C}$  luego de 12 horas de trabajo.

La cámara de congelamiento será de paneles sándwich de poliuretano de 18 cm de espesor para paredes y el techo, siendo necesario para el suelo un aislamiento conformado por una base de concreto armado de 10 cm de espesor, seguido de paneles de poliuretano rígido para piso de igual espesor. Siendo sus dimensiones: 4 m de ancho, 3 m de alto y 5 m de profundidad ( $60\text{m}^3$ ).

Si la Empresa decide construir el equipo, tendrá en sus instalaciones la capacidad de poder preservar sus productos durante un mayor periodo de tiempo. Es recomendable que lo haga ya que de esta manera se garantiza que cumpla con la exigencia de la NTE INEN 0183:75 Pescado fresco, refrigerado y congelado. Requisitos.

## ABSTRACT

This investigation work is focused on the design of a freezing discontinuous tunnel for fish, for the Enterprise El Dorado of Esmeraldas city. The design based on the mathematical model consisting of the thermal charger which the system must provide to freeze the product. Once the calculi are developed it is determined that the freezing tunnel has 11814 t capacity of refrigeration, employing Refrigerant R-22; it will work at -30 °C temperature with 10000 pounds fish attaining the product freezing up to -18 °C after 12 hr work. The freezing chamber will consists of sandwich polyurethane panel 18 cm thick, with rigid polyurethane panels for floors of the same thickness. Its dimensions are: 4 m thick, 3 m high and 5 m deep (60 m<sup>3</sup>). If the enterprise decides to construct the equipment, in its installations will have the capacity to preserve its products during a higher period of time. It is recommended to do it as this way the requirement of accomplishing the NTE INEN 0183:75 fresh fish, refrigerated and frozen, is guaranteed.

## INTRODUCCION

La mayoría de los alimentos requieren estar a una temperatura determinada para su conservación a corto o largo plazo.

“Cuando se necesita conservar alimentos tales como carnes, vegetales o pescados, se tiene que tomar en cuenta las condiciones climáticas (tales como temperatura, humedad, etc.) para que dichos alimentos no se deterioren y no pierdan su poder nutritivo ni su calidad” (1).

Por esta razón en lugares como empacadoras de alimentos, restaurante, super mercados o sitios donde se procesa y comercializa esta clase de alimentos, es necesario tener un medio para poder almacenar o refrigerar una gran cantidad de alimentos y disponer de ellos en el tiempo que sea necesario.

A la Empresa el Dorado de la ciudad de Esmeraldas se le proporcionaran todos los datos necesarios para construir un túnel de congelación discontinuo. Dicho propietario es la Dra. Lorena Gonzales cuyo establecimiento se encuentra en el Puerto Pesquero Artesanal de la ciudad de Esmeraldas.

La Empresa tiene alrededor de 11 años de funcionamiento y siempre ha estado en constante crecimiento. La mayoría de especies marinas tratadas comprenden al grupo de los peces, tales como: dorado, picudo, pez espada, albacora, bonito, etc. Hay que resaltar que la capacidad y ubicación del túnel fueron establecidas por el dueño.

La construcción del túnel representa a la Empresa una gran ventaja porque tendrá un medio para poder congelar una gran cantidad de productos cuando la demanda se lo exija.

El desarrollo de este tema de tesis es de carácter explicativo/informativo, basado en métodos tales como la inducción, a través de la cual se realiza el diagnóstico de las características de los túneles de congelamiento discontinuo. Por medio del método experimental se realizó el análisis proximal del pescado fresco y luego de 6 y 12 horas de congelamiento, obteniendo como resultado la determinación de las variables necesarias para realizar el diseño del túnel de congelamiento discontinuo para pescado que es precisamente el tema de tesis de grado a desarrollarse a continuación.

## ANTECEDENTES

El hombre siempre ha estado interesado en poder conservar sus alimentos, desde hace miles de años ha utilizado el agua y el hielo para detener su descomposición y preservar para el futuro las presas cazadas para cuando la caza fuera difícil.

“La congelación es una forma de conservación de los alimentos, se basa en la solidificación del agua contenida en estos, lo cual se logra mediante la aplicación intensa de frío”(2).

Gracias a esta operación se inhibe actividades enzimáticas y metabolismo microbiano deteniendo así los procesos de deterioración de los alimentos prolongando la vida útil de los mismos.

“Fue en 1784 cuando Mr. William Cullen construyó el primer frigorífico que funcionaba con electricidad, y aunque congelar los alimentos comercialmente se hizo por primera vez en 1842, la Industria de congelados como la conocemos hoy tiene un origen más reciente que la de envasado, pero la conservación de alimentos a gran escala por congelación comenzó a finales del siglo XIX con la aparición de la refrigeración mecánica.

No fue sino hasta el año de 1927 cuando se fabricaron los primeros frigoríficos de uso doméstico (su fabricante fue Generic Electric). Sin embargo, hubo que esperar hasta los años treinta para asistir a la comercialización de los primeros alimentos congelados, que fue posible gracias al descubrimiento de un método de congelación rápida”(3).

En la ciudad de Esmeraldas, en el año 2000 nace la Empresa El Dorado dedicada a la pesca artesanal, contando con una flota de embarcaciones toma la iniciativa de procesar y mantener los recursos obtenidos del mar. No solo dedicada a la pesca, incursiona en la venta de artículos de pesca, repuestos e importación de motores fuera de borda y actualmente cuenta con gran stock de producto almacenado en tiempo de apogeo para ser comercializados en épocas del año de escasez.

Como parte del crecimiento institucional, ampliar, complementar y mejorar sus instalaciones, La Empresa toma la decisión de realizar el estudio del diseño de un túnel de congelamiento discontinuo para 10000 libras de pescado, para cubrir la inexistencia de este equipo en su infraestructura.

## JUSTIFICACION

Cuando se refiere a conservación y procesamiento de alimentos cárnicos (mariscos), se está obligado a trabajar a bajas temperaturas en cortos periodos de tiempo, ya que la materia prima es propensa a la contaminación con histamina y bacterias resistentes a la congelación lenta.

Mediante un túnel de congelamiento ayuda a la congelación en cortos períodos de tiempo y a bajas temperaturas para evitar la contaminación del pescado y el producto terminado.

La Empresa El Dorado al contar con un área de congelamiento mejorara su producción de tal manera que esta será realizada de acuerdo a su propio ritmo de operación.

Mediante el túnel de congelamiento dejara de prescindir de la disponibilidad de otras empresas para efectuar esa operación, mejorando la manipulación del producto, previniendo alteraciones negativas en la calidad del mismo y disminuir costos.

De igual manera al contar con esta área la Empresa podrá ofrecer este servicio a terceros y de esta forma desarrollar un ingreso de capital extra a sus actividades ordinarias.

Por estos motivos se ha visto la necesidad del dimensionamiento del mencionado equipo para cubrir la falencia en esta área dentro del procesamiento de mariscos en la Empresa.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Realizar el diseño de un túnel de congelamiento discontinuo para pescado en la Empresa El Dorado en el Cantón Esmeraldas.

### **ESPECÍFICOS**

- Efectuar el diagnóstico de la problemática de almacenamiento y congelación de pescado en la Empresa.
- Identificar las variables físico químicas para optimizar el rendimiento del equipo.
- Dimensionar el equipo de acuerdo a los requerimientos de producción de la Empresa.
- Disminuir el tiempo de congelación para asegurar la calidad del producto

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

## **1.1. PESCADO**



**Imagen 1.1-1 Pez Dorado**

“El término pescado se aplica a los peces que han sido extraídos de su medio natural, para su utilización como alimento.”(4)

### **1.1.1. TIPOS DE PESCADO**

Desde el punto de vista nutritivo los pescados se clasifican según su contenido en grasa y se dividen en pescados magros, semigrasos y grasos.

#### **1.1.1.1. PESCADOS AZULES O GRASOS**

El pescado azul, se refiere básicamente a la proporción de grasa insertada entre los músculos del pescado. El término azul no atiende a criterios biológicos, sino nutricionales. El pescado azul es un grupo de pescados que contiene más de un 5% de grasa y su contenido puede alcanzar hasta el 10%, según las especies.

#### **1.1.1.2. PESCADOS SEMIGRASOS**

Contienen un nivel de grasa superior 2,5 % sin sobrepasar el 6%. Besugo, salmonete, dorada, lubina son pescados semigrasos.

### 1.1.1.3. PESCADOS BLANCOS O MAGROS

El pescado blanco es un término empleado en los pescados que su contenido graso no es muy alto (al contrario que el pescado azul). Su contenido en grasa no sobrepasa el 2,5 %. Aquí también la cantidad de lípidos varía mucho de unas especies a otras. . Estos pescados viven en zonas profundas y al no realizar grandes desplazamientos no necesitan acumular grasa.

### 1.1.2. COMPOSICIÓN CARNE DE PESCADO

CUADRO1.1.2-1

Composición de la carne de pescado

Alimento (composición por cada 100 gramos o centímetros cúbicos)	Calorías	Hidratos de Carbono	Proteínas	Grasas Totales	Ácidos grasos saturados	Ácidos grasos poliinsaturados	Colesterol	Sodio	Potasio	Calcio	Hierro	Fósforo	Vit.A	Vit.B1	Vit.B2	Vit.C	Niacina	Fibra	Fibra Soluble	Fibra Insoluble
CARNE PESCADO MAGRO PROME	98	0	20	2	0.4	0.4	60	78	262	21	1.9	217	34	0.1	0.2	s/d	2.4	0	0	0
PESCADO GRASO	215	0	20	15	2.7	2.7	90	78	s/d	19	0.9	s/d	254	s/d	0.1	0	s/d	0	0	0
PESCADO MAGRO	98	0	20	2	0.4	0.4	60	78	s/d	21	1.9	s/d	34	s/d	0.1	0	s/d	0	0	0
PESCADO SEMIGRASO	125	0	20	5	0.9	0.9	60	78	s/d	20	2	s/d	85	s/d	0.1	0	s/d	0	0	0

Fuente: MuscularMente®, Todos los derechos reservados. [webmaster@muscularmente.com](mailto:webmaster@muscularmente.com)

### **1.1.3. PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

#### **1.1.3.1. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS POR FRÍO**

**1.1.3.1.1. Refrigeración:** gracias al descenso de la temperatura se reduce la velocidad de las reacciones químicas y disminuye la actividad de los microorganismos

**1.1.3.1.2. Congelación:** cuando se aplican temperaturas inferiores a 0 grados y parte del agua del alimento se convierte en hielo. Cuando el producto se descongela, los gérmenes pueden volver a reproducirse, por ello conviene una manipulación higiénica y un consumo rápido del alimento. Es importante efectuar la congelación en el menor tiempo y a la temperatura más baja posible, para que la calidad del producto no se vea afectada. La temperatura óptima de conservación de los productos congelados en casa es de -18 grados o inferior.

**1.1.3.1.3. Ultra congelación:** cuando se desciende rápidamente la temperatura del alimento mediante aire frío, contacto con placas frías, inmersión en líquidos a muy baja temperatura, etc. La congelación y ultra congelación son los métodos de conservación que menos alteraciones provocan en el producto.

#### **1.1.3.2. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS POR CALOR**

**1.1.3.2.1. Escaldado:** Se emplea como paso previo para congelar algunos vegetales y mejorar su conservación. Una vez limpias, las verduras se sumergen unos minutos en agua hirviendo, lo que inactiva las enzimas (sustancias presentes de forma natural en los vegetales y responsables de su deterioro) Después de enfriarlas se envasan en bolsas especiales para congelados, se envasan al vacío y se les anota la fecha de entrada en el congelador para controlar su tiempo de conservación. No se producen pérdidas nutritivas.

**1.1.3.2.2. Pasteurización:** La aplicación de calor durante un tiempo (que varía de un alimento a otro) inactiva los gérmenes capaces de provocar enfermedad, pero no sus esporas. Por ello, el alimento debe ser refrigerado para evitar el crecimiento de los gérmenes que no se han podido eliminar. Así, la leche pasteurizada o fresca del día ha de conservarse en el frigorífico y, una vez abierto el envase, debe consumirse en un plazo máximo de 3-4 días. No hay pérdidas importantes de nutrientes.

**1.1.3.2.3. Esterilización:** Libera los alimentos de gérmenes y esporas. Se aplica en el producto una temperatura que ronda los 115 grados. Se pierden vitaminas hidrosolubles (grupo B y vitamina C) en mayor o menor cantidad, según la duración del tratamiento de calor. Puede originar cambios en el sabor y el color original del alimento (la leche esterilizada es ligeramente amarillenta y con cierto sabor a tostado)

### **1.1.3.3. OTROS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN**

**1.1.3.3.1. Deshidratación:** Es toda actividad que implique la eliminación del agua de un producto mediante un proceso de calentamiento del aire de forma artificial.

**1.1.3.3.2. Liofilización:** Es una desecación en la que se produce el paso de sólido a gas sin pasar por líquido. Se basa en ciertas condiciones de vacío. Durante ésta, el calor sublima el agua congelada y el vapor de agua se arrastra y se elimina. Se elimina el agua de un alimento congelado aplicando sistemas de vacío. El hielo, al vacío y a temperatura inferior a -30 grados, pasa del estado sólido al gaseoso sin pasar por el estado líquido. Es la técnica que menos afecta al valor nutricional del alimento. El inconveniente es su elevado coste, por lo que generalmente se aplica sólo en el café o descafeinado solubles (granulados) y en productos como leches infantiles.

**1.1.3.3.3. Desección:** Consiste en un proceso más simple ya que consiste en la extracción de la humedad contenida en los alimentos en condiciones ambientales naturales.

**1.1.3.3.4. Irradiación:** Fermentación. Atmósferas modificadas.

**1.1.3.3.5. Envasado al vacío:** Es un método de conservación que consiste en la extracción del aire que rodea al alimento. Para ello se introduce en bolsas de plástico adecuadas y se extrae la mayor cantidad de aire posible.

Se complementa con otros métodos de conservación ya que después el alimento puede ser congelado o refrigerado.

#### **1.1.3.4. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS POR MÉTODOS QUÍMICOS**

**1.1.3.4.1. Salazón:** Es un proceso de conservación basado en la adición de sal en cantidad más o menos abundante. Ésta capta el agua del alimento deshidratándolo y privando de este elemento vital a los microorganismos.

**1.1.3.4.2. Ahumando:** En este proceso se suelen mezclar los efectos de la salazón y de la desecación. Se realiza mediante el humo que se desprende en la combustión incompleta de ciertas maderas.

**1.1.3.4.3. Acidificación:** Adición de condimentos y especias. Adición de azúcares. Aditivos.

**1.1.3.4.4. Escabechado:** Intervienen conjuntamente la sal y el vinagre, consiguiendo simultáneamente la conservación y el aporte de un sabor característico. La acción conservante del vinagre se debe al ácido acético que contiene, consiguiendo retardar la aparición de reacciones, la sal actúa deshidratando el alimento y ayuda a su conservación.

## 1.2. CONGELACIÓN

Existen muchas técnicas para la conservación de alimentos, una de las más utilizadas es la Congelación, el fundamento de ésta se basa en la solidificación del agua durante el proceso, generando una alta concentración de sólidos solubles lo que provoca una baja en la cantidad de agua libre.

La congelación es un medio excelente para mantener casi inalteradas durante un tiempo prolongado las características originales de alimentos perecederos. Éste tipo de conservación radica en la disminución de la temperatura, generalmente entre  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lo cual permite que las reacciones bioquímicas sean más lentas y además inhibe la actividad microbiana, generando el estado de latencia de ésta, lo que no significa que los microorganismos estén muertos. Durante el proceso se produce la solidificación del agua libre presente en el alimento, es decir, el agua contenida es transformada en hielo a una temperatura habitual de  $-18^{\circ}\text{C}$ , disminuyendo así la actividad de agua del sustrato.

El agua es el principal componente de los alimentos. Una parte de esta agua está ligada en diversos grados, a los complejos coloidales macromoleculares, por sus estructuras gelificantes o fibrosas en el interior de las células y en los hidratos. En el proceso de congelación, la formación y el crecimiento de los cristales de hielo producen modificaciones en el producto. Los componentes celulares solubles pueden causar la saturación y precipitar; modificaciones del pH pueden afectar los complejos coloidales; cambios muy marcados en la presión osmótica pueden romper las membranas semi-permeables.

Para obtener el efecto conservador deseado, reducir reacciones no deseables y mantener en este estado el producto durante el almacenamiento, de manera que se reduzca lo más

posible las modificaciones físicas, químicas y microbiológicas, es indispensable determinar con exactitud los tratamientos anteriores a la congelación, la velocidad óptima de congelación, el tipo de embalaje, la temperatura de almacenamiento y la velocidad de descongelación.

## **1.2.1. ASPECTOS FÍSICOS DE LA CONGELACIÓN**

### **1.2.1.1. FORMACIÓN DE HIELO**

En alimentos que son enfriados bajo los 0°C ; se comienza a formar hielo a la "Temperatura crioscópica" (comienzo de la congelación), que es también la temperatura característica de fusión, es decir, temperatura a la cual se funde el último cristal de hielo en una descongelación suficientemente lenta. El comienzo de la congelación depende en gran medida de la concentración de las sustancias disueltas y no de su contenido en agua.

En general, los alimentos son grupos heterogéneos tanto del punto de vista físico y químico; por lo que la congelación está dada por la existencia de la temperatura a la que aparecen los primeros cristales de hielo y de un intervalo de temperatura para que el hielo se forme. Si el hielo permanece en el exterior de las células, no hay peligro en que se produzca una lesión grave o irreversible.

### **1.2.1.2. CRISTALIZACIÓN DEL HIELO**

Una vez que el agua ha comenzado a congelarse, la cristalización es función de la velocidad de enfriamiento, al mismo tiempo que a la difusión del agua a partir de las disoluciones o geles que bañan la superficie de los cristales de hielo. Si la velocidad de congelación es lenta, los núcleos de cristalización serán muy pocos por lo que los cristales de hielo crecen ampliamente, los que pueden provocar un rompimiento de las

células, ya que éstas están sometidas a una presión osmótica y pierden agua por difusión a través de las membranas plasmáticas ; en consecuencia, colapsan ya sea parcial o totalmente. Mientras que si la velocidad de congelación es mayor, el número de cristales aumenta y su tamaño disminuye, evitando de esta manera el gran daño en el producto.

En resumen una congelación muy lenta puede llevar a un excesivo exudado en la descongelación, mientras que una congelación rápida permite preservar la textura de ciertos productos.

#### **1.2.1.3. CAMBIOS DIMENSIONALES**

La congelación del agua se ve acompañada de un aumento de volumen, el que en alimentos es de un 6% aproximadamente, ya que únicamente se congela una parte del agua y también porque ciertos alimentos contienen aire. En el diseño de equipos se debe considerar ésta dilatación.

#### **1.2.1.4. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA**

La conductividad térmica del hielo es cuatro veces mayor que la del agua. Este factor juega un papel importante en la rapidez de congelación. La conductividad térmica varía mucho según los productos y según la temperatura; dependiendo de la orientación estructural de los tejidos.

#### **1.2.1.5. CALOR DESPRENDIDO EN EL CURSO DE LA CONGELACIÓN**

En la congelación de alimentos la cantidad de calor eliminado depende mayormente del agua congelable. Ésta cantidad depende de tres factores:

- Variación de entalpía correspondiente al enfriamiento de la temperatura inicial al punto de congelación.
- Calor latente de congelación
- Variación de entalpía correspondiente al enfriamiento del punto de congelación a la temperatura final.

#### **1.2.1.6. TIEMPOS DE CONGELACIÓN**

El tiempo real que dura el proceso de congelación va a depender de diferentes factores, ya sean relativos al producto como al equipo utilizado:

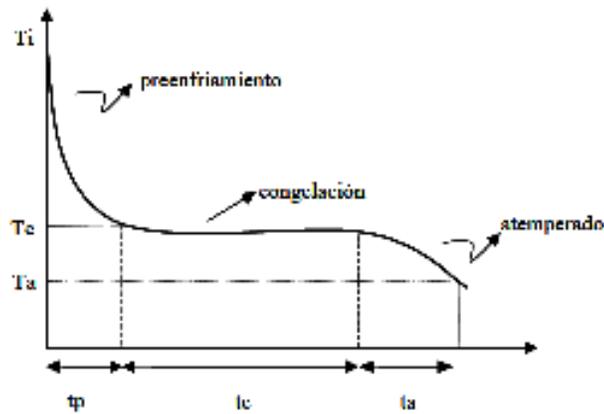
- Temperaturas inicial y final
- Temperatura del refrigerante
- Coeficiente de transferencia del producto
- Variación de entalpía
- Conductividad térmica del producto

#### **1.2.1.7. FIN DE LA CONGELACIÓN**

El término de la congelación es cuando la mayor parte del agua congelable se transforma en hielo en el centro térmico del producto; en la mayoría de los alimentos la temperatura del centro térmico coincide con la temperatura de almacenamiento.

### 1.2.2. CINÉTICA DEL PROCESO DE CONGELACIÓN

“La curva de congelación representa gráficamente el curso típico del proceso de congelación de alimentos. El diagrama varía según la influencia de los siguientes factores: método de congelación, tamaño, forma, composición química y propiedades físicas del producto, y tipo de envasado (o ausencia de éste). De la curva de congelación del agua pura pueden determinarse tres etapas o fases.



**Diagrama 1.2.2-1 Secuencia de congelación de un alimento**

**Primera fase:** en éste se produce la refrigeración del producto a congelar la temperatura desciende en forma rápida hasta la temperatura crioscópica o temperatura de congelación, no existe cambio de estado. Se conoce esta fase con el nombre de zona de pre-enfriamiento.

**Preenfriamiento:** es la etapa que va desde la T<sub>i</sub> (temperatura inicial) hasta la T<sub>c</sub> (T<sup>a</sup> de congelación), siendo t<sub>p</sub> el tiempo que tarda el alimento en pasar desde T<sub>i</sub> a T<sub>c</sub>.

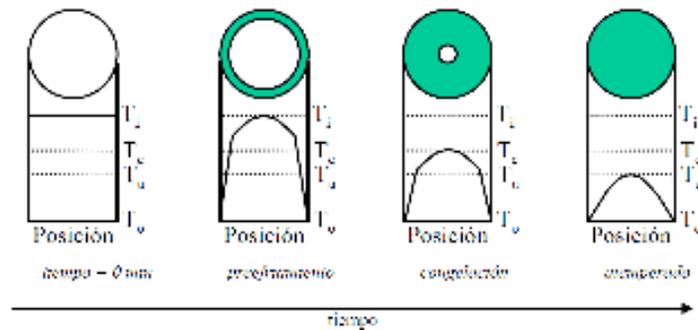
**Segunda fase:** es el período de cambio de fase. Una vez que se alcanza el punto de congelación no se observa variación de temperatura retirándose gradualmente el calor

latente de solidificación, es decir, se produce gradualmente un cambio de estado. La curva adquiere una condición isotérmica.

**Congelación propiamente dicha**, el tiempo permanece a  $T_c$  constante el alimento en su centro térmica. Siendo  $t_c$  el tiempo en el que tiene lugar el cambio de fase con lo que varían las propiedades físicas del alimento durante el transcurso del proceso.

**Tercera fase:** se denomina período de templado, una vez alcanzada la conversión total de agua en hielo nuevamente se inicia un gradual y permanente descenso de la temperatura. En alimentos, este comportamiento en es tan claro, ya que la conversión de parte del agua en hielo implica un incremento en la concentración de diversas sales en el agua líquida remanente, consecuentemente se produce un descenso en el punto de congelación.

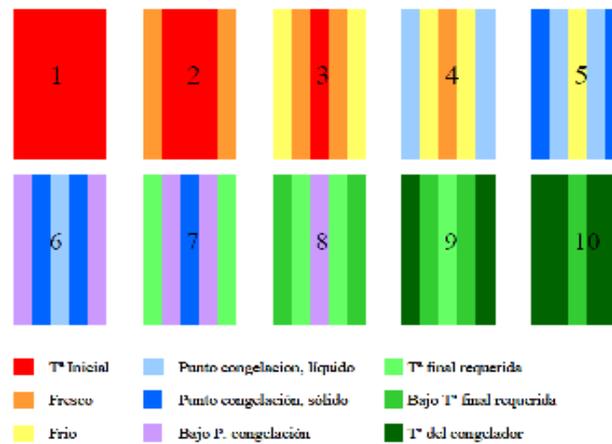
**Atemperado o enfriamiento:** desde  $T_c$  hasta  $T_a$ . Siendo  $t_a$  el tiempo necesario para que la temperatura del alimento pase desde  $T_c$  a  $T_a$ ". (5).



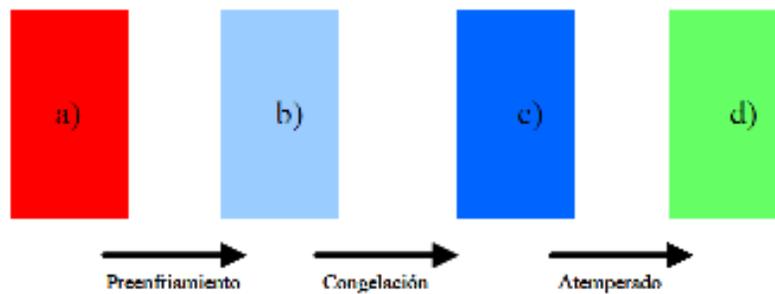
**Graf.1.2.2-1**Secuencia de congelación de un alimento (zona sombreada indica congelación)

Habitualmente todos estos cambios se refieren a lo que pasa en el centro del alimento.

El fenómeno de congelación es muy complejo, a menudo se usa una descripción simplificada: suponer que lo que ocurre en el centro es lo que está ocurriendo en todo alimento. La situación real y la simplificación habitualmente aceptada se muestran en el siguiente esquema.



**Graf.1.2.2-2 Descripción del proceso de congelación real**



**Graf.1.2.2-3 Descripción del proceso de congelación simplificado**

### **1.2.3. MÉTODOS DE CONGELACIÓN**

Existen métodos de congelación rápidos y lentos. En el método lento se coloca el producto a bajas temperaturas y se deja congelar, el rango de temperatura es entre 0 °F a -40 °F; como la circulación del aire es por lo general mediante convección natural, el tiempo de congelación dependerá del volumen de producto y condiciones del congelador.

El método de congelamiento se obtiene por los siguientes tres métodos o una combinación de éstos:

- Inmersión
- Contacto indirecto
- Corrientes de aire

#### **1.2.3.1. POR INMERSIÓN**

Se introduce el producto en una solución de salmuera a bajas temperaturas (puede usarse NaCl o azúcar).

Esta solución es un buen conductor, hace contacto con todo el producto, provocando una transferencia de calor rápida y el producto es congelado totalmente en corto tiempo (se congela en unidades individuales en vez de forma masiva).

Una desventaja importante es la extracción de los jugos del producto por diferencia de concentración.

También puede existir una penetración excesiva de sal en el producto, provocando cambio de sabor (si usamos concentración de azúcar en frutas, es favorable).

### **1.2.3.2. CONGELAMIENTO POR CONTACTO INDIRECTO**

Por lo general son congeladores de puerta en donde el producto se coloca encima de placas metálicas a través de las cuales circula un refrigerante. La transferencia de calor es principalmente por conducción debido a lo cual la eficiencia del congelador depende de la cantidad de superficie de contacto. Este método es muy útil en la congelación de pequeñas cantidades.

### **1.2.3.3. CONGELAMIENTO POR CORRIENTES DE AIRE**

Se usa el efecto combinado de temperaturas bajas y velocidad del aire alta, lo que produce una alta transferencia de calor del producto.

En general se debe tener la consideración que el aire pueda circular libremente alrededor de todas las partes del producto.

Los productos de congelación rápida son de mejor calidad que los de congelación lenta por los siguientes motivos: los cristales de hielo formados en la congelación rápida son más pequeños por lo que causan menos daños a las células de los tejidos del producto congelado.

A su vez, como el periodo de congelación es más corto, hay menor tiempo para difusión de sales y separación del agua en forma de hielo.

El producto es fácilmente enfriado bajo la temperatura a la cual las bacterias, mohos y levaduras no crecen, con lo cual se evita la descomposición durante el congelamiento.

#### 1.2.4. TÚNEL DE CONGELACIÓN

Consiste en una cámara térmicamente aislada, en el cual se lleva hasta el congelamiento los productos en ella introducida durante un periodo de tiempo.

El gas a utilizar puede ser aire o nitrógeno, siendo el aire el de mayor empleo. El producto pasa a través de un chorro de aire por convección forzada a una velocidad entre 5 – 15 m/s a temperaturas comprendidas entre -25 y -45<sup>0</sup>C, por esta razón también se llaman congeladores de ráfaga.

La contaminación del alimento es escasa pero hay que evitar transferencia de materia desde el alimento al gas refrigerado, que suele consistir en la evaporación de agua del alimento. El tratamiento del producto es homogéneo, son equipos relativamente más baratos aunque tienen mayor precio.

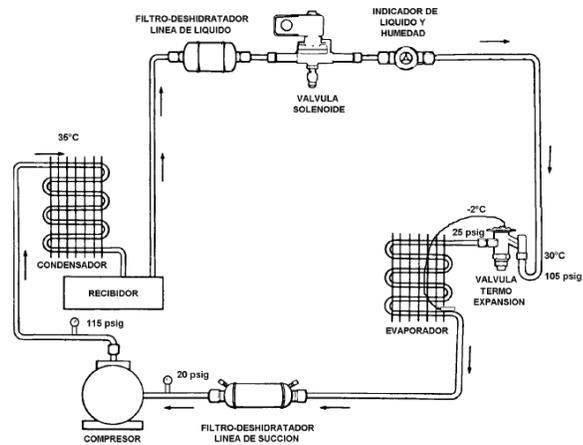
Estos sistemas se pueden emplear para trabajar en continuo o discontinuo:

- **Continuo:** existen vagonetas o cintas sinfin apiladas que transportan el producto a través de un túnel aislante donde se produce la congelación
- **Discontinuo:** los alimentos se disponen de tal manera que ocupen bien el espacio (en armarios o bandejas apiladas) hay que intentar que al congelar estén llenos para evitar que el aire circule por los huecos, se pierda energía y para que las condiciones de congelación sean las mismas en toda la partida que está congelando.

## 1.2.5. CICLO DE REFRIGERACION

### 1.2.5.1. SISTEMA BASICO DE REFRIGERACION POR COMPRESION

Cualquier sistema de refrigeración tiene como objetivo enfriar determinado espacio, es decir, quitar calor.



Graf.1.2.5.1-1 Diagrama de un sistema de refrigeración típico

### 1.2.5.2. DESCRIPCIÓN DEL CICLO

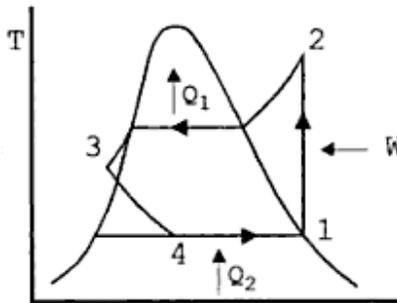


Diagrama 1.2.5.2-1 Ciclo de refrigeración

- 1– 2: compresión isotrópica en un compresor

El líquido de trabajo (líquido refrigerante), es comprimido de manera que aumenta su temperatura.

- 2– 3: rechazo del calor a presión constante, en el condensador

El ciclo entrega calor, enfriándose el líquido refrigerante. La parte del sistema mediante la cual se cede calor al exterior se denomina condensador

- 3– 4: estrangulamiento en un dispositivo de expansión

En este proceso el líquido refrigerante se expande con el afán de bajar su temperatura hasta la que se requiere enfriar.

- 4– 1: absorción de calor a presión constante en un evaporador

El ciclo absorbe calor del medio a enfriar, logrando así su objetivo. La parte del sistema mediante la cual se absorbe calor se denomina evaporador.

“En el diagrama 2.5.1-1 el área bajo la curva 2 – 3 representa el calor rechazado en el condensador y el área bajo la curva 4 – 1 representa el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador” (6).

### **1.2.5.3. BALANCE ENERGETICO DEL CICLO**

Realizando un balance energético en cada uno de los dispositivos suponiendo un flujo permanente, llegamos a obtener el COP con respecto al cambio de entalpia.

$$Q - W = \Delta U + \Delta PV + \Delta E_c + \Delta E_p$$

**Ec: 1.2.5.3-1**

Pero tanto la energía cinética como la energía potencial son despreciables quedándonos:

$$Q - W = \Delta H$$

**Compresor:**

$$Q - W = h_2 - h_1$$

$$Q = 0$$

$$-W_c = h_2 - h_1$$

Pero como se realiza trabajo sobre el sistema

$$-(-W_c) = h_2 - h_1$$

$$W_c = h_2 - h_1$$

**Ec: 1.2.5.3-2**

**Condensador:**

$$Q_1 - W = h_3 - h_2$$

$$W = 0$$

$$Q_1 = h_3 - h_2$$

Hay pérdida o rechazo de calor

$$-Q_1 = h_3 - h_2$$

$$Q_1 = h_2 - h_3$$

**Ec: 1.2.5.3-3**

**Válvula de expansión:**

Aquí no se realiza trabajo, ni tampoco hay transferencia de calor

**Evaporador:**

$$Q_2 - W = h_1 - h_4$$

$$W = 0$$

$$Q_2 = h_1 - h_4 \quad \text{Ec: 1.2.5.3-4}$$

$$COP_R = \frac{Q_2}{W_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad \text{Ec: 1.2.5.3-5}$$

**1.2.5.4. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL CICLO**

**1.2.5.4.1. GAS REFRIGERANTE**

El gas refrigerante es el fluido utilizado para transmitir calor en los sistemas frigoríficos; se debe absorber calor de un ambiente a baja temperatura y presión, y cederlo a un ambiente con temperatura y presión más elevada. La refrigeración se logra en el proceso de condensación y evaporación del refrigerante, esto es, el cambio de estado del fluido refrigerante; en la evaporación se absorbe el calor del medio a refrigerar, en la condensación se cede ese calor al medio externo.

Un refrigerante debe cumplir con dos requisitos fundamentales:

- Absorber el calor rápidamente a la temperatura requerida por la carga del producto.
- El sistema debe usar el mismo refrigerante constantemente por razones de economía y para lograr un enfriamiento continuo.

No existe el refrigerante perfecto, y hay una gran variedad de opiniones acerca de cuál es más apropiado para aplicaciones específicas. Por otra parte, la mayoría de los

refrigerantes poseen el inconveniente de dañar la capa de ozono y de contribuir al efecto de invernadero.

El cloro presente en algunos refrigerantes, es responsable de contribuir al agotamiento de la capa de ozono. Los CFC (Clorofluorocarbonos) poseen el potencial de agotamiento más alto, y actualmente están siendo eliminados progresivamente (R11, R12, R13, R502).

Los Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) tiene menos cloro, siendo su potencial de agotamiento del ozono mucho menor (R22, R123, R124). Estos tenderán a ser reemplazados por los Hidrofluorocarbonos (HFC), o también llamados ecológicos, como el R134a y el R404A, que al no poseer cloro no dañan la capa de ozono, además de tener un menor potencial de calentamiento global.

#### CUADRO1.2.5.4.1-1

##### Factores ambientales de algunos refrigerantes

REFRIGERANTE	O.D.P.	G.W.P
R11	1.000	1.00
R12	1.000	3.00
R502	0.310	5.00
R22	0.055	0.36
R134a	0	0.25

O.D.P.: Potencial de destrucción del ozono.  
G.W.P.: Potencial de calentamiento global.

### CUADRO 1.2.5.4.1-2

#### Tipos de refrigerantes y su aplicación

<b>REFRIGERANTE</b> (Nombre Científico)	<b>Peso Neto</b> <b>Kgs.</b>	<b>APLICACIÓN</b>
<b>R11</b> (Triclorofluorometano)	13,6	Limpieza de sistemas HVAC.
<b>R12</b> (Diclorodifluorometano)	13,6	Refrigeración doméstica, automotriz.
<b>R22</b> (Clorodifluorometano)	13,6	Refrigeración comercial e industrial.
<b>R502</b> (Mezcla: R22-R115)	13,6	Baja temperatura refrig. comercial e industrial.
<b>R134a</b> (Tetrafluorocelano)	13,6	AC y refrigeración comercial.
<b>R404A</b> (Mezcla: Pentafluoroetano, trifluoroetano, tetrafluorocelano)	10,9	Reemplazo ecológico de R502.
<b>R407C</b> (Mezcla: R125, R134a, R32)	13,15	Reemplazo de R22

Fuente: [www.antartic.cl](http://www.antartic.cl)

#### 1.2.5.4.2. COMPRESOR

De los sistemas de refrigeración mecánica existentes, el más utilizado es el de refrigeración por compresión, donde el compresor cumple con dos funciones principales:

- Primero succiona el refrigerante vaporizado (línea de succión), reduciendo la presión en el evaporador hasta un punto en el que puede mantenerse la temperatura de evaporación deseada.
- Segundo, el compresor comprime ese refrigerante vaporizado, descargándolo a una presión lo suficientemente alta (línea de descarga) para que la temperatura de saturación sea más alta que la temperatura del ambiente a refrigerar, de modo que se produzca la condensación fácilmente. La refrigeración se consigue cuando

el refrigerante en estado líquido se transforma en gas en el evaporador.

Consiguiendo así absorber calor del ambiente a enfriar

Existen tres tipos genéricos de compresores: reciprocantes, rotativos y centrífugos. La gran mayoría de los compresores utilizados para aplicaciones comerciales, industriales y domésticas son del tipo reciprocante. Los compresores reciprocantes efectúan la compresión mediante pistones que realizan carreras alternas de succión y descarga en un cilindro provisto de válvulas de admisión y escape. Entre sus ventajas destaca que es muy eficaz para presiones de condensación elevadas y altas relaciones de compresión, su adaptabilidad a diferentes refrigerantes, su durabilidad, su relativa sencillez mecánica y su bajo costo.

Los compresores reciprocantes a su vez, pueden ser divididos en dos tipos principalmente: los herméticos y los semi – herméticos.

Los compresores herméticos poseen una carcasa metálica sellada y por lo tanto, no es posible realizar reparaciones en ellos. Han sido desarrollados para reducir el tamaño y costo del compresor. Son utilizados ampliamente en aplicaciones de baja potencia.

En los compresores semi – herméticos, en cambio, las tapas laterales (estator y cigüeñal), las de los cabezales y la tapa de fondo son desmontables, lo que permite realizar reparaciones en el caso en que se requiera.

#### **1.2.5.4.3. CONDENSADOR**

El condensador es básicamente un intercambiador de calor, en donde el calor absorbido por el refrigerante en el proceso de evaporación es cedido al medio de condensación (al aire en este caso). A medida que el calor es cedido por el vapor de alta temperatura y

presión, desciende su temperatura hasta el punto de saturación, condensándose el vapor y convirtiéndose en líquido, por eso el nombre Condensador.

El tipo de condensador más comúnmente usado es el de tubo con aletas en su exterior, que disipan calor al aire ambiente. La transferencia de calor se lleva a cabo de modo eficaz mediante la utilización de ventiladores con aspas de succión que permiten establecer un flujo de aire uniforme.

#### **1.2.5.4.4. VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA**

La válvula de expansión termostática o válvula de termo expansión, es un dispositivo de medición diseñado para regular el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador, en la misma proporción en que el refrigerante líquido dentro del evaporador se va evaporando. Esto lo logra manteniendo un sobrecalentamiento predeterminado a la salida del evaporador (línea de succión), lo que asegura que todo el refrigerante líquido se evapore dentro del evaporador, y que solamente regrese al compresor refrigerante en estado gaseoso. La cantidad de gas refrigerante que sale del evaporador puede regularse, puesto que la termo válvula responde a:

- a) La temperatura del gas que sale del evaporador y,
- b) La presión del evaporador.

En conclusión, las principales funciones de una válvula de termo expansión son: reducir la presión y la temperatura del líquido refrigerante, alimentar líquido a baja presión hacia el evaporador, según la demanda de la carga, y mantener un sobrecalentamiento constante a la salida del evaporador.

#### **1.2.5.4.5. EVAPORADOR**

El evaporador es la parte del lado de baja presión del sistema de refrigeración en la que el refrigerante hierve o se evapora, absorbiendo calor a medida que cambia de estado. Con ello se logra el objetivo del sistema, la refrigeración.

El tipo más común del evaporador es el de serpentín o de convección forzada, en el que el refrigerante se evapora al interior de tubos recubiertos por aletas difusoras, extrayendo el calor del aire que es forzado a pasar a través del serpentín mediante uno o más ventiladores.

### **1.3. DISEÑO**

El cálculo de la carga térmica del túnel es fundamental para posteriormente elegir correctamente la capacidad de la maquinaria necesaria. Por tanto este cálculo debe ser especialmente preciso, con motivo de ajustar la instalación a las necesidades, sin caer en el error de realizar un sobre dimensionamiento excesivo.

Para encontrar la carga térmica se emplea un sistema de cálculo por partidas. Este sistema consta de de calcular todas las cargas que genera o aportan calor al lugar a refrigerar.

Para efectuar este cálculo se utilizan las siguientes partidas:

- En función del producto a congelar
- Cargas independiente al producto a congelar

### 1.3.1. FACTORES DEPENDIENTES AL PRODUCTO A CONGELAR

#### 1.3.1.1. CALOR SENSIBLE DEL PESCADO NO CONGELADO

Establece el calor sensible que debe extraerse a la mercadería para bajar su temperatura, desde la inicial ( $T_i$ ) a la de congelación ( $T_{cong}$ ).

$$Q_s = lb * ce * (T_i - T_{cong}) \quad \text{Ec: 1.3.1.1-1}$$

Dónde:

$Q_s$ : calor sensible del pescado no congelado (BTU)

$lb$ : libras de producto a congelar

$ce$ : calor específico del producto a congelar (BTU/lb.<sup>°F</sup>)

$T_i$ : temperatura del túnel (°F)

$T_{cong}$ : temperatura de congelación del pescado (°F)

#### 1.3.1.2. CALOR LATENTE DE CONGELACIÓN DE TODA LA MERCADERÍA

Se obtiene el calor latente empleado en la congelación de la mercancía (cambio de estado).

$$Q_{lc} = lb * q_{lc} \quad \text{Ec: 1.3.1.2-1}$$

Dónde:

$Q_{lc}$ : calor latente de congelación de toda la mercadería (BTU)

$lb$ : libras del producto a congelar

$q_{lc}$ : calor latente de congelación del pescado (BTU/lb)

### 1.3.1.3. CALOR SENSIBLE DEL PESCADO CONGELADO

Establece el calor sensible que debe extraerse a la mercancía para bajar su temperatura, desde la congelación ( $T_{cong.}$ ) hasta la temperatura deseada ( $T_d$ ).

$$Q_{sc} = lb * ce_{cong} * (T_{cong} - T_d) \quad \text{Ec: 1.3.1.3-1}$$

Dónde:

$Q_{sc}$ : calor sensible de la mercadería congelada (BTU)

$lb$ : libras de producto a congelar

$ce_{cong.}$ : calor específico del producto a congelar (BTU/lb.<sup>°F</sup>)

$T_{cong.}$ : temperatura de congelación del pescado (°F)

$T_d$ : temperatura deseada del pescado (°F)

### 1.3.1.4. CARGA TOTAL PRODUCIDA EN FUNCIÓN DEL PRODUCTO A CONGELAR

$$Q_{Tfi} = Q_s + Q_{lc} + Q_{sc} \quad \text{Ec: 1.3.1.4-1}$$

Dónde:

$Q_T$ : carga térmica en función del producto a congelar (BTU)

$Q_s$ : calor sensible del pescado no congelado (BTU)

$Q_{lc}$ : calor latente de congelación (BTU)

$Q_{sc}$ : calor sensible del pescado congelado (BTU)

### **1.3.2. CALOR INDEPENDIENTE DEL PRODUCTO A CONGELAR**

#### **1.3.2.1. CALOR REFERIDO A LA TRANSMISIÓN POR CONDUCCIÓN**

Los métodos para determinar la cantidad de flujo de calor a través de los muros, piso y techo, están bien establecidos. Esta ganancia de calor es directamente proporcional al diferencial de temperatura entre los dos lados del muro.

El tipo y espesor del aislamiento usado en construcción de la pared, el área exterior de la pared y el diferencial de temperatura entre los dos lados del muro son los tres factores que establecen la carga a través de muros.

“El piso no se toma en cuenta pues sirve como regulador de temperatura. La superficie exterior del túnel ofrece la oportunidad de la conducción de calor y debe tomarse en cuenta” (7).

$$Q_c = A_c * k * dT \qquad \text{Ec: 1.3.2.1-1}$$

Dónde:

$Q_c$ : *calor de transmisión por conducción (WATT)*

$A_c$ : *área externa de paredes y techo (m<sup>2</sup>)*

$k$ : *coeficiente de conductividad térmica (W/m<sup>2</sup>.°K)*

$dT$ : *diferencia de temperatura (°K)*

$$dT = T_{ext} - T_t$$

**Ec: 1.3.2.1-2**

Dónde:

*dT:* diferencia de temperatura

*T<sub>ext</sub>:* temperatura externa del túnel

*T<sub>t</sub>:* temperatura del túnel

### **1.3.2.2. ENFRIAMIENTO DEL AIRE POR RENOVACIÓN E INFILTRACIONES**

Siempre que la puerta de una cámara de congelación es abierta, cierta cantidad del aire caliente del exterior entrara a la cámara. Este aire deberá ser enfriado a la temperatura de la cámara refrigerada, resultando una considerable fuente de ganancia de calor. Esta carga es algunas veces llamada carga de infiltración.

La carga térmica puede ser sustancial y cualquier medio debe considerarse para reducir la cantidad de infiltración entrando a la cámara. Algunos medios efectivos para reducir ésta carga son:

- Cierre automático de las puertas del refrigerador
- Vestíbulos o antecámaras refrigeradas
- Cortinas de aire
- Cortinas de plástico en tiras (Hawaianas)

Para estimar la cantidad de calor que ingresa se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_r = n * m_a * \Delta h \quad \text{Ec: 1.3.2.2-1}$$

Dónde:

$Q_r$ : calor por renovación de aire (KJ)

$N$ : número de renovaciones de aire al día

$m_a$ : masa de aire que entra a la cámara (Kg)

$\Delta h$ : diferencia de entalpía entre aire externo e interno (KJ)

$$m_a = V/V^* \quad \text{Ec: 1.3.2.2-2}$$

Dónde:

$V$ : volumen interno del túnel ( $m^3$ )

$V^*$ : volumen específico aire que entra al túnel ( $m^3/Kg$ )

“Cuando la temperatura del aire está por debajo de 0 °C resulta difícil poder obtener las entalpías utilizando el diagrama psicométrico. Como la cantidad de vapor será muy pequeña puede hacerse la aproximación

$$\Delta h^* \approx h_a \approx c_a T \text{ (}^\circ\text{C)} \approx T \text{ (}^\circ\text{C)}$$

es decir, que la entalpía coincide numéricamente con la temperatura en grados Celsius”

(7)

### 1.3.2.3. CARGAS POR SERVICIOS

Necesidades por servicio nos referimos a las pérdidas frigoríficas debidas a la iluminación de la cámara, la circulación de personas, la apertura de puertas, condensaciones, descarche, enfriamiento de los recipientes donde se almacena el producto, etc.

“Suele estimarse que el total de pérdidas se sitúa entre el 10 y el 25% de las pérdidas por transmisión. Se suele estimar que todas estas pérdidas constituyen alrededor del 15% de las pérdidas por transmisión, y congelación”(8).

$$Q_s = 0,15 (Q_{Tfi} + Q_c) \quad \text{Ec: 1.3.2.3-1}$$

Dónde:

$Q_s$ : *cargas por servicios (BTU/h)*

$Q_{Tfi}$ : *carga total producida en función del producto a congelar (BTU/h)*

$Q_c$ : *calor de transmisión por conducción (BTU/h)*

### 1.3.2.4. CARGA TERMICA TOTAL POR FACTORES EXTERNOS O CARGAS INDEPENDIENTES AL PRODUCTO A CONGELAR

$$Q_{Tfe} = Q_c + Q_r + Q_s \quad \text{Ec: 1.3.2.4-1}$$

Dónde:

$Q_{Tfe}$ : *carga total por factores externos o cargas independientes al producto a congelar (BTU/h)*

$Q_c$ : *calor de transmisión por conducción (BTU/h)*

$Q_r$ : *calor por renovación de aire (BTU/h)*

$Q_s$ : *calor por servicios (BTU/h)*

### 1.3.3. CARGA TÉRMICA TOTAL

$$Q_T = Q_{Tfi} + Q_{Tfe} \quad \text{Ec: 1.3.3-1}$$

Dónde:

$Q_T$ : carga térmica total (BTU/h)

$Q_{Tfi}$ : carga total por factores internos o dependientes del producto a congelar (BTU/h)

$Q_{Tfe}$ : carga total por factores externos o cargas independientes al producto a congelar (BTU/h)

#### 1.3.3.1. FACTOR DE SEGURIDAD

“Cuando todas las fuentes de calor principales son calculadas, un factor de seguridad del 10% es agregado a la carga total de refrigeración, para considerar la mínima omisión o inexactitud (seguridad adicional o reserva que puede estar desde el funcionamiento del compresor y la carga promedio)”(9).

$$Q_T^* = Q_T * 1.10 \quad \text{Ec: 1.3.3.1-1}$$

Dónde:

$Q_T^*$ : carga térmica total corregida (BTU/h)

$Q_T$ : carga térmica total (BTU/h)

### 1.3.3.2. CALCULO DEL TONELAJE

$$Tr = \frac{Q_T^*}{12000}$$

**Ec: 1.3.3.2-1**

Dónde:

*Tr:* toneladas de refrigeración

*Q<sup>\*</sup><sub>T</sub>:* carga térmica total corregida (BTU/H)

**CAPÍTULO II**  
**PARTE EXPERIMENTAL**

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

En condiciones de ensayos para la recopilación de datos, este estudio se realizó con parámetros establecidos en la literatura y realización de análisis de laboratorio bromatológicos con el objetivo de encontrar las variables adecuadas del proceso, para así establecer las condiciones óptimas y necesarias que facilitará el mejor desenvolvimiento en el dimensionamiento del túnel de congelación discontinuo.

### **2.1. MUESTREO**

Se realizó un muestreo sistemático aleatorio simple, el cual, se tomó una sola muestra representativa al azar en la provincia de Esmeraldas en las instalaciones de la empresa a fin de evaluar las características bromatológicas de la carne de pescado antes y después del proceso de congelación de acuerdo a parámetros establecidos por la norma.

A través de este se deduce el tiempo necesario para el dimensionamiento del equipo.

### **2.2. METODOLOGIA**

#### **2.2.1. METODOS**

La realización de este proyecto de investigación tiene un carácter explicativo/informativo de tal forma que permita responder los distintos fenómenos a analizarse durante el proceso de congelación de pescado. El método a utilizarse es una guía de procedimientos, producto de la reflexión, que provee pautas lógicas generales para desarrollar y coordinar operaciones destinadas a la consecución de objetivos intelectuales o materiales del modo más eficaz posible.

#### **2.2.1.1. INDUCTIVO**

Partiendo del diagnóstico de las características de los túneles de congelamiento discontinuo, a través del análisis de laboratorio de las propiedades bromatológicas del pescadosedeterminan las variables que involucra dicho proceso tales como humedad, tiempo de congelamiento y adoptando datos de temperatura que involucre una buena transferencia de energía, se calculan las variables existentes siendo estas la base para realizar el dimensionamiento del túnel de congelamiento discontinuo.

#### **2.2.1.2. DEDUCTIVO**

Involucra aquellos procedimientos que van de lo complejo a lo simple, es decir, se realizó el dimensionamiento del túnel de congelamiento discontinuo para pescado, el cual, fue determinado a partir de variables de operación tales como: temperatura, volumen del túnel, tiempo de congelación, etc., las cuales fueron establecidas por medio de la recopilación de datos bibliográficos y a través de análisis de laboratorio de las propiedades bromatológicas del pescado.

#### **2.2.1.3. EXPERIMENTAL**

Los métodos utilizados para la caracterización de la calidad de pescado, son: determinación del pH, análisis de humedad, proteína, grasa y ceniza.

De manera que todos estos datos son obtenidos a nivel de laboratorio para evaluación y construcción del equipo.

### **2.3. TECNICAS**

Las técnicas son indispensables ya que integra la estructura por medio, de la cual se organiza la investigación. Las técnicas están relacionadas más directamente con la práctica con un modo específico de actuar, con formulaciones teóricas generales, las

cuales, son propias del método; de aquí que es el procedimiento particular, reflexivo y confiable aplicado al empleo de un instrumento, el uso de material, al manejo de una determinada situación de un método.

Las técnicas utilizadas para la determinación de los diferentes parámetros bromatológicos y variables de proceso a utilizar están basadas en Normas INEN.

**2.3.1. TECNICAS PARA EL ANALISIS BROMATOLOGICO DEL PESCADO**

**2.3.1.1. DETERMINACION DEL pH**

**TABLA 2.3.1.1-1**

**Determinación del pH**

<b>PRINCIPIO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
<p>El pH de una muestra se determina electrométicamente usando en combinación un electrodo de vidrio con uno de referencia.</p>	<p>Potenciómetro, calibrado, provisto de electrodos de vidrio</p>	<p>El pH del pescado se deberá tomar en cada pieza en forma separada. Realizar un corte adecuado en cada pieza, de forma tal que permita poner en contacto el electrodo con la carne. Tomar la lectura inmediatamente y reportarla. La temperatura del ensayo deberá ser de 10 C.</p>	

Fuente: Norma INEN 183 ANEXO A

**2.3.1.2. DETERMINACION DE HUMEDAD**

**TABLA 2.3.1.2-1**

**Determinación de humedad**

<b>PRINCIPIO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CALCULOS</b>
<p>La determinación de la humedad por medio de la elevación de la temperatura, eventualmente con utilización completamente de vacío, es el método más antiguo para obtener el contenido de humedad y de sólidos totales de un alimento.</p> <p>La humedad libre de la muestra previamente preparada se expulsa por medio de aire caliente en circulación. La temperatura se regula para efectuar un máximo de secado y un mínimo de pérdidas de sustancias volátiles.</p>	<p>Estufa desecadora de aire caliente. Balanza analítica. Capsulas de porcelana. Desecador. Pinza de capsula.</p>	<p>Se pesa la capsula vacía. Se pesan exactamente 5gr de muestra en la capsula de porcelana. Se ingresa la capsula con la muestra a la estufa a 103 +/- 2 C durante 2 horas. Luego de 2 horas se deja enfriar en un desecador. Se pesa la capsula enfriada y se determina la perdida por desecación.</p>	<p><math>\%H = (W_3 - W_1) / (W_2 - W_1)</math> Dónde: W<sub>3</sub> = peso muestra seca + peso de la capsula W<sub>2</sub> = peso muestra seca + peso de la capsula W<sub>1</sub> = peso de la capsula vacía</p>

Fuente: Norma INEN 1462

2.3.1.3. DETERMINACION DE PROTEINA

TABLA 2.3.1.3-1

Determinación de proteína

PRINCIPIO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser dirigidas en ácido sulfúrico en ebullición. El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe una solución de ácido bórico que luego se titula con ácido sulfúrico estandarizado.</p>	<p>Balanza analítica Aparato de digestión y destilación microkjeldhal Balones kjeldhal de 50 ml Erlenmeyer de 250 ml Bureta <b>Reactivos</b> • Ácido sulfúrico Ácido clorhídrico 0.02 N estandarizado Hidroxido de sodio al 40% Ácido bórico al 2% Indicador mixto: rojo de metilo al 0.1% y verde de bromocresol al 0.2% en alcohol al 95%. Mezcla catalizada: 800gr de sulfato de potasio o sodio, 50 gr de sulfato cúprico pentahidratado y 50 gr de dióxido de selenio. Agua desmineralizada.</p>	<p><b>Digestión:</b> Pesar 0.04 gr de muestra seca e introducirla en el balón de digestión kjeldhal. Añadir 1.5 gr de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 40 mg de SeO y 1ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc. Procurando no manchar las paredes del mismo. Colocar el balón en el digestor y calentar (500C) hasta obtener un líquido transparente. Enfriar el balón y a su contenido adicionar 4 ml de agua destilada para disolver el contenido que al enfriarse se solidifica. <b>Destilación</b> Verter lo anterior en el balón de destilación del equipo adicionando 4 ml de agua destilada para enjuagar el balón. Cerrar la llave y añadir de 8 a 10 ml de NaOH al 40%; Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> al 5% (4:1), dejando pasar lentamente el balón de destilación. Recibir el destilado en un balón conteniendo 5 ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 2% al que se le añade 1 o 2 gotas de indicador rojo de metilo azul de bromocresol. El tubo de salida del destilador debe estar sumergido en el vaso que contiene los reactivos. Destilar hasta obtener unos 15 ml del destilado</p>	<p><math display="block">\%P = \frac{(1,40)(F)(V_1N_1 - N_1N_2)}{m}</math> <b>Donde</b> F = factor para transformar el % de N en proteína y que es específico para cada alimento.  V<sub>1</sub> = volumen de HCl N/10, empleado para titular la muestra en ml.  N<sub>1</sub> = normalidad del HCl.  V<sub>2</sub> = volumen de HClN/10 empleado para titular el blanco en ml.</p>

		<b>Titulación</b> Al destilado se le agrega 2 gotas de indicador mixto. Titular el destilado con HCl, hasta que la solución cambien de color. La determinación debe hacerse por duplicado.	M = peso de la muestra en gramos.
--	--	---	-----------------------------------

Fuente: Método 2.057 A.O.A.C. adaptado en el departamento de nutrición y calidad del INIAP

### 2.3.1.4. DETERMINACIÓN DE CENIZA

TABLA 2.3.1.4-1

#### Determinación de ceniza

PRINCIPIO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>La materia orgánica se quema a la temperatura más baja posible y la materia inorgánica remanente se enfría y pesa.</p> <p>El calentamiento se realiza en etapas, primero para eliminar el agua, a continuación para carbonizar el producto totalmente (esto se realiza en una Sorbona) y, finalmente para incinerar en horno de mufla a 650 C.</p>	<p>Balanza analítica Mufla eléctrica con temperatura regulable Crisoles de porcelana Desecador Pinzas Espátula</p>	<p>Tomar los crisoles y pesarlos. Pesar dos gramos de muestra (pescado) Carbonizar el mechero en una Sorbona, hasta que no se produzca hinchazón o producción de humos. Introducción los crisoles a la mufla (650 C) hasta peso constante. Retirar los crisoles de la mufla, colocar en el desecador hasta que alcance temperatura ambiental (30 min.) Pesar Se recomienda realizar el análisis al menos por duplicado.</p>	<p>Se expresa en porcentajes, y se deduce según la formula siguiente:</p> $\%C = [(m_2 - m_1) / p] * 100$ <p><b>Dónde:</b> m<sub>1</sub> = masa en gramos del crisol m<sub>2</sub> = masa en gramos del crisol con la muestra incinerada. P = peso de la muestra en gramos</p>

Fuente: AACC Ensayo De La Asociación Americana De Químicos

### 2.3.1.5. DETERMINACIÓN DE GRASA

TABLA 2.3.1.5-1

#### Determinación de grasa

PRINCIPIO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>La grasa se extrae con éter de petróleo a partir de residuo desecado en la obtención del contenido de humedad. El solvente se elimina por evaporación y se pesa el residuo de grasa.</p>	<p>Equipo SOXHLET Reverbero Hexano</p>	<p>Pesar 2 gr de muestra, colocar en un papel filtro cerrado. El papel filtro más la muestra colocar en un dedal de papel filtro y en el interior del equipo SOXHLET, embonar en el equipo y en el balón añadir un volumen de hexano. Someter a calentamiento por 8 horas. Luego de este tiempo sacar el cono de papel filtro, colocar seguido el balón que contiene el solvente graso, para recuperar el solvente, y obtener solo la grasa. Secar la grasa en la estufa y pesar. Determinar el porcentaje de grasa.</p>	<p><math>\%EE = [(m2 - m1)/p] * 100</math> <b>Dónde:</b> <math>m_1</math> = masa en gramos del balón vacío. <math>M_2</math> = masa en gramos del balón con la muestra tras el desecado <math>m</math> = peso de la muestra en gramos.</p>

Fuente: PEE/LAB-CESTTA/102/AOAC/Gravimétrico

## 2.4. DATOS

### 2.4.1. DATOS EXPERIMENTALES

#### 2.4.1.1. DETERMINACION DEL pH DEL PESCADO

TABLA 2.4.1.1-1

pH del pescado.

PESCADO	pH
Fresco	6,3
Luego de 6 horas de congelación	6,2
Luego 12 horas de congelación	6,2

Fuente: Lab. Cestta. Informe de ensayo N°1901

#### 2.4.1.2. ANALISIS PROXIMAL DEL PESCADO

TABLA 2.4.1.2-1

Análisis proximal del pescado

PARÁMETRO	UNIDAD			
		Pescado fresco	Luego de 6 horas de congelamiento	Luego de 12 horas de congelamiento
Humedad	%	72,7	72,88	73,29
Proteína	%	24,8	24,73	24,21
Grasa	%	1,66	1,58	1,56
Ceniza	%	0,98	0,96	0,93

Fuente: Lab. Cestta. Informe de ensayo N° 1901

## 2.4.2. DATOS ADICIONALES

Para el dimensionamiento del equipo se ha considerado que va a funcionar con una capacidad de congelación para 10000 libras de pescado. Estas condiciones han sido establecidas por la Empresa.

### 2.4.2.1. CONDICIONES EXTERIORES DEL PROYECTO

Para la realización de este proyecto se han escogido los datos de las condiciones meteorológicas de la ciudad de Esmeraldas, extraído de los datos recopilados por el servicio meteorológico **tutiempo.net**

**TABLA 2.4.2.1-1**

#### **Datos meteorológicos de la ciudad de Esmeraldas**

<b>Altitud</b>	<b>7 m.</b>
<b>Temperatura media (<math>T_m</math>)</b>	<b>27 °C</b>
<b>Humedad relativa media (<math>HR_M</math>)</b>	<b>80 %</b>
<b>Presión atmosférica a nivel del mar (<math>P_{atm.}</math>)</b>	<b>1008,3 mb</b>

**Fuente:** Meteorología de Esmeraldas, [www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net)

## 2.4.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

TABLA 2.4.2.2-1

### Propiedades termodinámicas del pescado

Temperatura de congelación ( $T_{\text{cong}}$ )	28°F
Calor específico sobre el punto de congelamiento (ce)	0,76 BTU/lb/F
Densidad sobre el punto de congelamiento (d)	1075 Kg/m <sup>3</sup>
Calor específico bajo el punto de congelamiento (ce <sub>cong.</sub> )	0,41 BTU/lb/F
Densidad bajo el punto de congelamiento (d <sub>cong.</sub> )	1016 Kg/m <sup>3</sup>
Calor latente de congelación (q <sub>lc</sub> )	101 BTU/lb
Humedad relativa de almacenamiento (HR <sub>A</sub> )	90-95 %

Fuente: BOHN Frigus, Engineering Manual, Commercial Refrigeration, Cooling and Freezing, Load Calculations and Reference Guide, USA: Heatcraft Refrigeration Products LLC

TABLA 2.4.2.2-2

### Datos para el cálculo de la carga térmica

Temperatura deseada del producto ( $T_d$ )	-18 °C	-0,4 °F
Temperatura inicial del pescado ( $T_i$ )	0°C	32 °F
Temperatura del túnel ( $T_t$ )	-30 °C	-22 °F

# **CAPÍTULO III**

## **DISEÑO**

## **DISEÑO**

### **3.1. ESTRUCTURA DEL TUNEL**

La cámara frigorífica estará fabricada con paneles sándwich discontinuo con un sistema de anclaje interno a base de ganchos excéntricos con protección a la oxidación, que garantizan una junta exenta de fugas térmicas que se traduce en un bajo consumo eléctrico. Poseen un acabado exterior de chapa galvanizada con lacado de calidad sanitaria

Estos paneles se los puede encontrar en varios espesores dependiendo de la necesidad térmica, con una inyección de espuma de poliuretano de  $40 - 43 \text{ Kg/m}^3$  de densidad en su interior que permite aislar rangos de temperatura de hasta  $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### **3.2. SELECCIÓN DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO**

Para temperaturas de trabajo de  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$  el aislamiento debe tener los siguientes espesores:

- Paredes: 180 mm
- Techo: 180 mm

La puerta estará fabricada del mismo material que las paredes y techo.

Para el piso se considera un aislamiento mediante una capa de poliuretano rígido de 10cm. de espesor impermeabilizado, sobre el cual se adiciona una losa de concreto armado de 10cm. de espesor

### **3.3. SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE**

Dos factores muy importantes a considerar para la selección del refrigerante son: la presión y temperatura.

#### **Presión**

Las presiones que actúan en un sistema de refrigeración, son extremadamente importantes. En primer término, se debe operar con presiones positivas; es decir, las presiones tanto en el condensador como en el evaporador deben ser superiores a la presión atmosférica. Si la presión en el evaporador es negativa, es decir, que se esté trabajando en vacío, hay riesgo de que por una fuga entre aire al sistema. Por tanto el refrigerante debe tener una presión de evaporación lo más baja posible, pero ligeramente superior a la presión atmosférica.

Por otra parte, la presión de condensación debe ser lo suficientemente baja, ya que esto determina la robustez del compresor y del condensador. Mientras más alta sea la presión, se requiere un equipo más robusto y por lo tanto más caro.

#### **Temperatura**

Hay tres temperaturas que son muy importantes para un refrigerante y que deben ser consideradas al hacer la selección. Estas son: la de ebullición, la crítica y la de condensación.

La temperatura de ebullición de un refrigerante, siempre es referida a la presión atmosférica normal de 101,3 kPa. (0 psig). Se puede decir, que el punto de ebullición de cualquier líquido, es la temperatura a la cual su presión de vapor es igual a la atmosférica.

El punto de ebullición de un refrigerante debe ser bajo, para que aun operando a presiones positivas, se pueda tener una temperatura baja en el evaporador.

El refrigerante R-22 tiene un temperatura crítica que es igual a 96 °C, superior a la temperatura de condensación y de la misma forma la temperatura de evaporación es mayor a la de ebullición del refrigerante (-40,7°C) a la presión atmosférica. (Revisar ANEXOS VII y VIII)

El R-22 trabaja a presiones más próximas a lo ideal, ya que su presión de evaporación es muy baja, sin llegar al vacío (superior a la presión atmosférica), y su presión de condensación no es tan alta, por lo que no requiere un equipo muy robusto.

Por las razones antes expuestas y citando las TABLAS 1.2.5.5.1-1 y 1.2.5.5.1-2 el refrigerante a ser seleccionado será el R- 22.

## **2.5. CALCULOS DE LA CARGA TERMICA**

La carga frigorífica será igual a la suma del calor producido por:

- Factores internos o carga producida en función del producto a congelar
- Factores externos o cargas independientes al producto a congelar

### **3.4.1. FACTORES INTERNOS**

#### **3.4.1.1. CALOR SENSIBLE DEL PESCADO NO CONGELADO**

Utilizando la ecuación 1.3.1.1-1 y tomando datos del calor específico, temperatura inicial y de congelación del pescado de la TABLA 2.4.2-1 y TABLA 2.4.2-2 tenemos:

$$Q_s = lb * ce * (T_i - T_{cong.})$$

$$Q_s = 10000 (32 - 28) * 0,76$$

$$Q_s = 30400 BTU$$

### **3.4.1.2. CALOR LATENTE DE CONGELACIÓN DE TODA LA MERCADERÍA**

Para determinar esta variable empleamos la ecuación 1.3.1.2-1 y el dato de calor latente de congelación del pescado, el cual se encuentra establecido en la TABLA 2.4.2-1

$$Q_{lc} = lb * q_{lc}$$

$$Q_{lc} = 10000 * 101$$

$$**Q_{lc} = 1010000 BTU**$$

### **3.4.1.3. CALOR SENSIBLE DEL PESCADO CONGELADO**

Con los datos de temperatura deseada, temperatura de congelación y calor específico de congelación del pescado; expresados en las TABLAS 2.4.2-1 y 2.4.2-2, y con la ecuación 1.3.1.3-1, tenemos:

$$Q_{sc} = lb * ce_{cong} * (T_{cong} - T_d)$$

$$Q_{sc} = 10000 * 0,41 * (28 - (-0,4))$$

$$**Q_{sc} = 116440 BTU**$$

### **3.4.1.4. CARGA TERMICA TOTAL PRODUCIDA EN FUNCIÓN DEL PRODUCTO A CONGELAR**

Con la ecuación 1.3.1.4-1 y los valores ya calculados en los literales 3.4.1.1, 3.4.1.2. y 3.4.1.3 obtenemos:

$$Q_{Tfi} = Q_s + Q_{lc} + Q_{sc}$$

$$Q_{Tfi} = 30400 + 1010000 + 116440$$

$$**Q_{Tfi} = 1156840 BTU**$$

Para 12h de funcionamiento

$$Q_{Tfi} = \frac{1156840 \text{ BTU}}{12h}$$

$$Q_{Tfi} = 96403,33 \frac{\text{BTU}}{h}$$

## 2.5.2. FACTORES EXTERNOS

Para un túnel de congelamiento con una capacidad de 10000 libras de pescado, se recomienda una cámara con las siguientes dimensiones:

Ancho: 4 m. (16,4 ft)

Largo: 5 m. (26,24 ft)

Alto: 3 m. (9,84 ft)

### 2.5.2.1. CALOR REFERIDO A LA TRANSMISIÓN POR CONDUCCIÓN

Este se determina según la ecuación 1.3.2.1-1

$$Q_c = k * A_c * dT$$

Y la ecuación 1.3.2.1-2 para:

$$dT = T_{ext} - T_t$$

#### **Q<sub>c</sub> para paredes y techo**

$$A_c \text{ paredes laterales: } 3 \times 5 \times 2 = 30 \text{ m}^2$$

$$A_c \text{ paredes frontales: } 3 \times 4 \times 2 = 24 \text{ m}^2$$

$$A_c \text{ Techo: } 4 \times 5 = 20 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total de paredes y techo} = 74 \text{ m}^2$$

$$dT = 27 - (-30)$$

$$dT = 57 \text{ }^{\circ}\text{C} = 330 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Revisando el ANEXO VI encontramos que para paredes de 180 mm.  $K = 0,11$   $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{K}$

$$Q_c = 0,11 * 74 * 330$$

$$Q_c = 2686,2 \text{ W}$$

Convirtiendo a BTU/h

$$Q_c = 2686,2 * 3,4121$$

$$Q_c = 9165,61 \text{ BTU/h}$$

### 2.5.2.2. ENFRIAMIENTO DEL AIRE POR RENOVACIÓN E INFILTRACIONES

Para estimar la cantidad de calor que ingresa se emplea la ecuación 1.3.2.2-1,

$$Q_r = n * m_a * \Delta h$$

$$V_t = 4 * 3 * 5$$

$$V_t = 60 \text{ m}^3 = 2117,25 \text{ ft}^3$$

Para hallar “n” revisamos el ANEXO X

$$n = 9,08$$

para calcular  $m_a$  empleamos la ecuación 1.3.2.2-2

$$m_a = V/V^*$$

En el ANEXO XI, en la carta psicométrica ingresando con el dato de temperatura exterior de  $27^{\circ}\text{C}$  y humedad del medio 80%; el volumen específico del aire será igual a  $0,85 \text{ m}^3/\text{Kg}$

Entonces  $Q_r$  será igual:

$$Q_r = 9,08 * \frac{60}{0,85} * 57$$

$$Q_r = 36534,56 \text{ KJ}$$

Dividiendo para 12h de funcionamiento del túnel

$$Q_r = \frac{36534,56 \text{ KJ}}{12h}$$

$$Q_r = 3044,55 \frac{\text{KJ}}{h}$$

Transformando a BTU/h

$$Q_r = 3044,55 \frac{\text{KJ}}{h} * \frac{1 \frac{\text{BTU}}{h}}{1,055 \frac{\text{KJ}}{h}}$$

$$Q_r = 2885,83 \frac{\text{BTU}}{h}$$

### 2.5.2.3. CALOR POR SERVICIOS

Reemplazando en la ecuación 1.3.2.3-1, tenemos:

$$Q_s = 0,15 (Q_{Tfi} + Q_c)$$

$$Q_s = 0,15 (96403,33 + 9165,61)$$

$$Q_s = 15835,341 \frac{\text{BTU}}{h}$$

### 2.5.2.4. CARGA TERMICA TOTAL POR FACTORES EXTERNOS O CARGAS INDEPENDIENTES AL PRODUCTO A CONGELAR

Ya calculadas las cargas unitarias independientes del producto a congelar, mediante la ecuación 1.3.2.5-1 determinamos su valor total.

$$Q_{Tfe} = Q_c + Q_r + Q_s$$

$$Q_{Tfe} = 13751,45 + 2885,83 + 15835,341$$

$$Q_{Tfe} = 32472,621 \frac{\text{BTU}}{h}$$

### 2.5.3. CARGA TÉRMICA TOTAL

Obtenidos los datos de las cargas dependientes e independientes del producto a congelar, reemplazamos en la ecuación 1.3.3-1

$$Q_T = Q_{Tfi} + Q_{Tfe}$$

$$Q_T = 96403,33 + 32472,621$$

$$Q_T = 128875,951 \frac{BTU}{h}$$

#### 2.5.3.1. FACTOR DE SEGURIDAD

Según la ecuación 1.3.4-1 la carga térmica total corregida será igual a:

$$Q_T^* = 128875,951 * 1.10$$

$$Q_T^* = 141763,546 \text{ BTU/h}$$

#### 2.5.4. CALCULO DEL TONELAJE

Esta conversión esta expresada mediante la ecuación 1.3.5-1, y nos da:

$$Tr = \frac{Q_T^*}{12000}$$

$$Tr = \frac{141763,546}{12000}$$

$$Tr = 11,814 \text{ ton. de refrigeracion}$$

### **3.5. CALCULO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN**

#### **3.5.1. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN**

Para determinar la temperatura de condensación, debemos mencionar que utilizaremos un condensador de aire forzado por un ventilador impulsado por un motor eléctrico.

“En la práctica se adopta una diferencia de temperatura de 10 a 15 °C entre la temperatura promedio del aire y la temperatura de condensación del refrigerante cuando se trata de condensadores enfriados por aire y de 5 a 8 °C cuando son condensadores enfriados por agua”(9).

Tomando  $\Delta T = (10 + 15) / 2$

$$\Delta T = 12,5$$

Entonces:

$$T_{cond} = T_m + \Delta T \quad \text{Ec: 3.5.1-1}$$

$$T_{cond} = 27 + 12,5$$

$$T_{cond} = 39,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### **3.5.2. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN**

El evaporador a utilizar será del grupo enfriadores de aire a circulación forzada de tubos aleteados. Para determinar la temperatura de evaporación del refrigerante se tiene que tener en cuenta que el medio a enfriar es aire.

En la práctica, la determinación de la diferencia de temperatura real ante el medio a enfriar se puede decir que es del orden de 5°C cuando el medio a enfriar es un líquido.

Cuando el medio a enfriar es el aire, esta diferencia depende no solo de las condiciones de temperatura, sino de la humedad relativa del medio a enfriar y además del producto a conservar.

Por otra parte también depende del tipo de tubo del evaporador. Estos valores pueden variar de la forma como se detalla en el ANEXO XII, del cual adoptamos una diferencia de temperatura de 10°C, por tener un establecimiento de 80 % de humedad relativa (revisar TABLA 2.4.2.1-1)

$$T_{evap.} = T_t - \Delta T \quad \text{Ec: 3.5.2-1}$$

$$T_{evap} = -30 - 10$$

$$T_{evap} = -40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### 3.5.3. DESARROLLO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN

Para dibujar el punto de partida del ciclo (punto1), entrada del compresor, es necesario conocer la temperatura a la cual entra el refrigerante al compresor, la misma que corresponde a la temperatura de evaporación.

Por lo tanto el punto 1 tendrá las siguientes condiciones:

- Temperatura:  $-40^\circ\text{C}$
- Entalpia ( $h_1$ ): 388,62 KJ/Kg
- Entropía ( $s_1$ ): 1,825 KJ/Kg
- Volumen específico ( $v_1$ ):  $0,2058 \text{ m}^3/\text{Kg}$

En el punto anterior inicia la compresión del refrigerante, asumiendo que el proceso es a entropía constante y siguiendo la línea de entropía correspondiente a este punto,

se intercepta la línea de presión de condensación (presión de descarga), teniendo el punto 2 las siguientes condiciones:

- Entropía ( $s_2$ ): 1,825 KJ/Kg
- Presión de descarga ( $P_{\text{cond.}}$ ): 910,3 Kpa.
- Temperatura: 60 °C
- Entalpía ( $h_2$ ): 443,6 KJ/Kg
- Volumen específico: 0,032 m<sup>3</sup>/Kg

El refrigerante luego de ser comprimido, pasa a través del condensador, asumiendo presión constante, se encuentra las condiciones del punto 3

- Presión de condensación: 910,3 Kpa
- Temperatura de condensación: 39,5<sup>0</sup>C
- Entalpía ( $h_3$ ): 249,67 KJ/Kg
- Entropía ( $s_3$ ): 1,167 KJ/Kg

Una vez que el refrigerante ha sido condensado y estando en una condición de líquido saturado este es estrangulado al pasar a través del dispositivo de expansión, en este punto la presión es forzada a descender a entalpía constante, hasta alcanzar la condición de mezcla líquido – vapor a la entrada del evaporador, entonces encontramos el punto 4

- Entalpía ( $h_4$ ): 249,67 KJ/Kg

Para completar el ciclo el refrigerante al pasar a través del evaporador absorbe el calor medio y produce el efecto refrigerante, saliendo de este punto en forma de vapor saturado (idealmente sin caídas de presión y temperatura constante), alcanzando nuevamente las condiciones del punto 1 y cerrando el ciclo.

### 3.5.4. CÁLCULOS DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL CICLO

#### 3.5.4.1. CALOR ABSORBIDO POR EL SISTEMA

Reemplazando en la ecuación 1.2.5.3-4 tenemos:

$$Q_2 = h_1 - h_4$$

$$Q_2 = 388,62 - 249,69$$

$$Q_2 = 138,95 \text{ KJ/Kg}$$

#### 3.5.4.2. FLUJO MASICO DEL REFRIGERANTE

Para determinar el flujo másico utilizamos la siguiente ecuación:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_B}{Q_B} \quad \text{Ec: 3.5.4.2-1}$$

El calor absorbido por el sistema ( $\dot{Q}_2$ ) corresponde a la carga térmica expresada en el enunciado 3.4.4.1

Expresando en KW nos da:

$$\frac{1KW}{3412 \text{ Btu/h}} * 141763,546 \text{ Btu/h}$$

$$\dot{Q}_2 = 41,55 \text{ KW}$$

Reemplazando en la ecuación 3.5.4.2-1 el flujo másico será igual a:

$$\dot{m} = \frac{41,55}{138,95}$$

$$\dot{m} = 0,299 \text{ kg/s}$$

### 3.5.4.3. POTENCIA DEL COMPRESOR

Usando la ecuación 1.2.5.3-2 calculamos el trabajo realizado por el compresor

$$W_c = h_2 - h_1$$

$$W_c = 443,6 - 388,62$$

$$W_c = 54,98 \text{ KJ/Kg}$$

Multiplicando por el flujo másico hallamos la potencia del compresor, que será igual:

$$\dot{W}_c = W_c * \dot{m}$$

$$\dot{W}_c = 16,439 \text{ KJ/s}$$

Convirtiendo en hp:

$$16,439 \text{ KW} * \frac{1,341 \text{ hp}}{1 \text{ KW}}$$

La potencia del compresor será igual a **23,18 hp**

### 3.5.4.4. CALOR CEDIDO POR EL SISTEMA

Reemplazando en la ecuación 1.2.5.3-3

$$Q_1 = h_2 - h_3$$

$$Q_1 = 443,6 - 249,67$$

$$Q_1 = 193,93 \text{ KJ/Kg}$$

Multiplicando por el flujo másico

$$\dot{Q}_1 = 193,93 * 0,299$$

$$\dot{Q}_1 = 57,99 \text{ KW}$$

### 3.5.4.5. CALCULO DEL COP DEL CICLO

Lo realizamos mediante la ecuación 1.2.5.3-5, la cual nos queda de la siguiente manera:

$$COP_R = \frac{Q_2}{W_C}$$

$$COP_R = \frac{138,95}{54,98}$$

$$COP_R = 2,53$$

### 3.5.4.6. CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL CICLO

Empleando la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{Q_1} * 100$$

Ec: 3.5.4.6-1

$$\varepsilon = \frac{41,55}{57,99} * 100$$

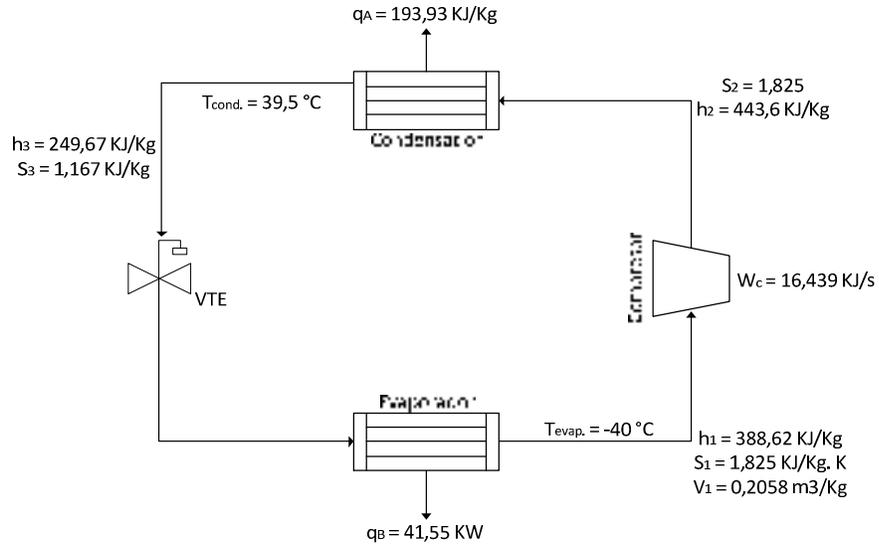
$$\varepsilon = 71,65 \%$$

### 3.6. RESULTADOS

TABLA 3.6-1

Variables determinadas para el dimensionamiento del equipo

Parámetro	Resultado
Tiempo de congelación	12 horas
Masa de pescado	10 000 libras
Temperatura del túnel de congelamiento	-30 °C
Temperatura deseada del pescado	-18 °C
Dimensiones del túnel:	
Largo	5 m
Alto	3 m
Ancho	4 m
Carga térmica	141763,55 Btu/h



**Diagrama 3.6-1 Descripción del ciclo de refrigeración**

### 3.7 PROPUESTA

**TABLA 3.7-1**

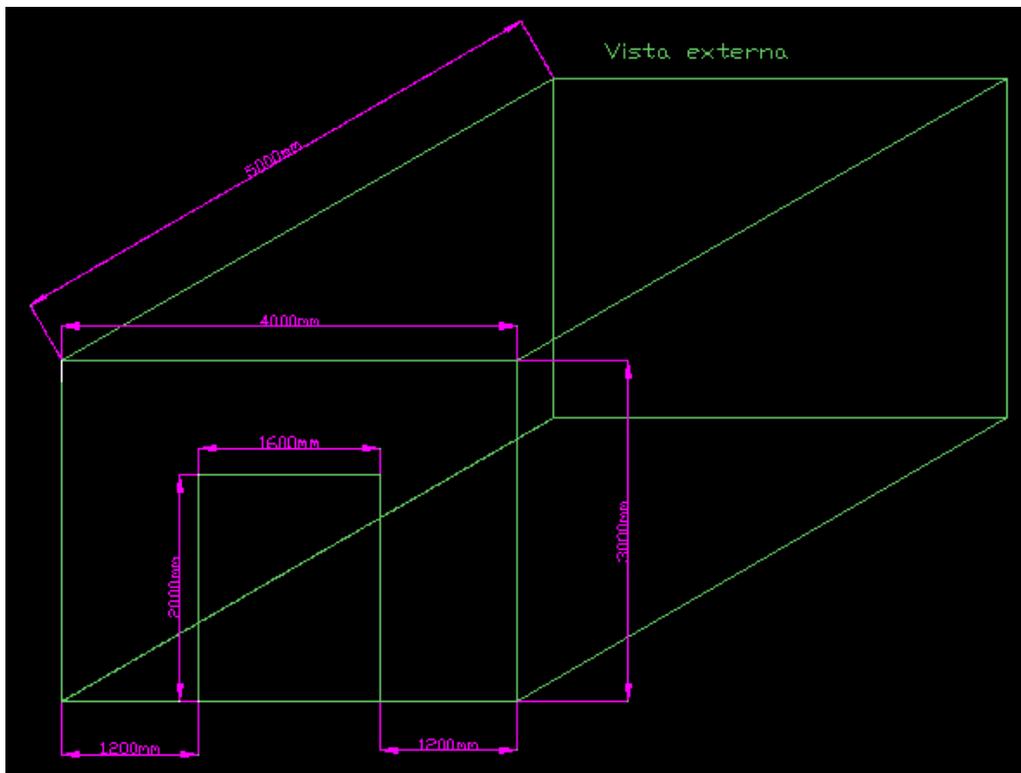
#### Capacidad térmica de los equipos necesarios

EQUIPO	POTENCIA
Compresor	23,18 hp
Condensador	77,76 hp
Evaporador	55,72 hp
Válvula de termo expansión	55,72 hp

TABLA 3.7-2

Especificación de los materiales del túnel de congelamiento

MATERIAL	ESPESOR	MEDIDA
Panel sándwich de poliuretano para paredes y techo	180 mm	74 m <sup>2</sup>
Panel sándwich de poliuretano rígido para piso	100 mm	20 m <sup>2</sup>
Puerta industrial	180 mm	200 cm x 160 cm



Graf. 3.7-1 Dimensiones externas del túnel de congelamiento

### 3.8. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

- El refrigerante R-22 tiene un potencial de destrucción de ozono y potencial de calentamiento global de 0,055 y 0,36 respectivamente. Estos valores próximos a cero expresan que dicho refrigerante es noble con el ambiente, por tal motivo se considera idóneo para ser utilizado en el dimensionamiento del equipo.
- La NTE INEN 183: pescado fresco, refrigerado y congelado. Requisitos; establece que el pH de la carne de pescado no debe sobrepasar de 6,5. Los resultados de los análisis bromatológicos realizados, indican que sus propiedades no varían en estado fresco y luego de pasar por un proceso de congelamiento de 6 y 12 horas, siendo para el pH un valor promedio de 6,23. Dando como cumplimiento lo establecido por la norma, de esta manera con la calidad del producto.
- El túnel de congelamiento dimensionado tiene un volumen de  $60 \text{ m}^3$ , cuyo espacio es suficiente para alojar las 10000 libras de pescado a ser congeladas, partiendo que por cada kilogramo de pescado se necesita  $0,012\text{m}^3$ ; obteniendo como volumen mínimo necesario  $54,54 \text{ m}^3$ .

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. CONCLUSIONES**

- El diseño del túnel consta de la siguiente especificación: largo 5m; ancho 4m; alto 3m. Las paredes y techo son de paneles sándwich de poliuretano de 18 cm de espesor, siendo necesario para el suelo un aislamiento de paneles rígidos para piso de 10 cm de espesor, el cual se encontrara bajo una capa de hormigón armado de 10 cm de espesor.
- El túnel de congelamiento tiene una carga térmica de 111763,513 BTU/h para 10000 libras de pescado.
- La potencia del compresor necesario para el túnel es de 23,18 hp.
- El pescado que ingresa al túnel de congelamiento, desciende su temperatura desde 0°C hasta -18°C en el transcurso de 12 horas de trabajo.
- El líquido refrigerante necesario fue seleccionado por su mínimo potencial de destrucción de la capa de ozono y calentamiento global, para este proceso corresponde al refrigerante R-22.
- La válvula de expansión termodinámica necesaria es de 41,55 KW.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- La persona involucrada en los cálculos de la transferencia de calor necesita la mayor información posible con respecto a las fuentes de calor, con el propósito de pronosticar con exactitud la carga térmica de una necesidad de refrigeración específica.
- Se considera necesario realizar análisis bromatológicos al pescado luego que este termine el proceso de congelamiento, con la finalidad de comprobar y garantizar su calidad como lo demanda la NTE INEN 183.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFIA

### GENERAL

- 1.- **GUTIERREZ, J.** Ciencia y bromatología: principios generales. 2a.ed.  
Madrid, Ediciones Santos, 1980
- 2.- **GRUDA, Z. y POSTOLSKI, J.** Tecnología de la congelación de los Alimentos. 2a.ed. Zaragoza, Editorial Acribia, 1986
- 3.- **MADRID, A.** Refrigeración, congelación y envasado de los Alimentos. 2a.ed. Madrid, Ediciones Mundi – Prensa, 2003
- 4.- **PIETRO, M.** Refrigeración domestica, industrial y aire acondicionado. México,Editorial Trillas, 2004
- 5.- **UGARTE, P.** Termodinámica II. Lima, Ediciones San Marcos, 1991
- 6.- **PERRY, R., y GREEN, D.** Manual del ingeniero químico. 6a.ed. Madrid, Mc.Graw Hill, 2001
- 7.- **BOHN, F.**Engineering manual, commercial refrigeration, cooling and freezing, load calculations and reference guide, Heatcraft Refrigeration Products LLC. USA, editorial BOHN, 2008
- 8.- **AVALOS, C.** Texto básico de termodinámica II. Riobamba, 2006.  
(Documento de clases)

## **CITAS BIBLIOGRAFICAS**

**(1) GRUPOS ALIMENTICIOS**

<http://www.galeon.com/drmarin/tiposdealimentos.htm>

2011-10-12

**(2) HISTORIA DE LA CONGELACIÓN**

<http://es.wikipedia.org/wiki/conservaciondealimentos/historia>

2011-10-12

**(3) <http://es.wikipedia.org/wiki/conservaciondealimentos/historia>**

2011-10-12

**(4) CONCEPTO DE PESCADO**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Pescado>

2011-10-12

**(5) CINÉTICA DEL PROCESO DE CONGELACIÓN**

[http://www.alipso.com/monografias/congelado\\_de\\_frutos/](http://www.alipso.com/monografias/congelado_de_frutos/)

2011-10-12

**(6) DESCRIPCIÓN DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN**

AVALOS, C. Texto básico de termodinámica II. Riobamba, 2006., Pp. 57

**(7) CARGAS TÉRMICAS Y DIMENSIONAMIENTO**

<http://libros.redsauce.net/>

2011-10-12

**(8) <http://libros.redsauce.net/>**

2011-10-12

**(9) FACTOR DE SEGURIDAD**

**BOHN., F.**, Engineering Manual, Commercial Refrigeration, Cooling and Freezing, Load Calculations and Reference Guide, USA: Heatcraft Refrigeration Products LLC, 2008, Pp. 4

**(10) SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE**

**VALYCONTROL.** Manual técnico de refrigeración, VALYCONTROL. S.A. DE C.V, Pp. 141

**BIBLIOGRAFIA DE INTERNET**

**1.- CARGAS TÉRMICAS Y DIMENSIONAMIENTO**

<http://libros.redsauce.net/>

2011-10-12

**2.- CINÉTICA DEL PROCESO DE CONGELACIÓN**

[http://www.alipso.com/monografias/congelado\\_de\\_frutos/](http://www.alipso.com/monografias/congelado_de_frutos/)

2011-10-12

**3.- CONCEPTO DE PESCADO**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Pescado>

2011-10-12

**4.- GRUPOS ALIMENTICIOS**

<http://www.galeon.com/drmarin/tiposdealimentos.htm>

2011-10-12

## **5.- HISTORIA DE LA CONGELACIÓN**

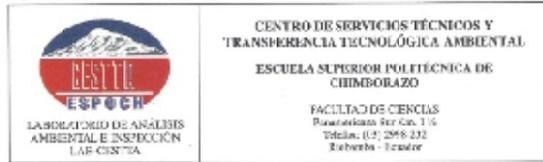
<http://es.wikipedia.org/wiki/conservaciondealimentos/historia>

2011-10-12

# **ANEXOS**

ANEXO I

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE PESCADO FRESCO



**INFORME DE ENSAYO No:** 011  
**FECHA:** 11-01-2012  
**TÍTULO:** ANÁLISIS DE ALMUEVOS  
**CLIENTE:** Sr. Danilo Veloz  
**DIRECCIÓN:** Campa Kamey Talle  
**FECHA DE MUESTREO:** 28 de Septiembre del 2011  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 28/11/01 25-14:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 28/11/01 25-14:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 28/11/01 25-20:11/02/12  
**TIPO DE MUESTRA:** Pesca  
**CÓDIGO LABORATORIAL:** LAB-AM-27-41  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** 3  
**PUNTO DE MUESTREO:** Puesto de Pesca  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Proteína y pH  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Sr. Danilo Veloz  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** Temperatura: 21,3 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÁMETRO	MUESTRA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Proteína	FEELAB-CINTA-0164 AGAD/Envío/0164	%	24,80	-
Grasa	FEELAB-CINTA-0167 AGAD/Envío/0167	%	1,24	-
Humedad	FEELAB-CES-14-89 AGAD/Envío/14-89	%	75,76	-
Color	FEELAB-CES-14-91 AGAD/Envío/14-91	%	0,38	-
Translucencia	FEELAB-CES-14-92 AGAD/Envío/14-92	Unidades de pH	6,2	-

OBSERVACIONES:

\* Muestra recepcionada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

*[Firma]*  
 DR. Ximena Cardón  
 RESPONSABLE TÉCNICO

*[Firma]*  
 RESPONSABLE LABORAL

*[Firma]*  
 DR. Danilo Veloz M  
 JEFE DE LABORATORIO

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE PESCADO FRESCO	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: DAMIAN VELEZ NAVIA	Lámina	1
		Escala	NORMAL
CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		Fecha	Enero 2012
NOTAS	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>		

ANEXO II

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE PESCADO LUEGO DE 6 HORAS DE CONGELAMIENTO



INFORME DE ENSAÑO No: 1801  
 OT: EL-01 ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
 Nombre del solicitante: Sr. Damián Velez  
 Adu.:  
 Dirección: Carretera Júcaro y Trocha  
 FECHA: 29 de Septiembre del 2011  
 NÚMERO DE MUESTRA: 1  
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 31/11/2011 11:23  
 FECHA DE RESULTADO: 31/11/2011 11:40  
 FECHA DE ANÁLISIS: 31/11/2011 11:40  
 TIPO DE MUESTRA: 766g/12  
 CÓDIGO FAMILIAR: 1 (ARLAS 7711)  
 CÓDIGO DE LA MUESTRA: 7  
 PLANTAS DE ANALISIS: Unidad Jorge M. Domínguez  
 ANÁLISIS SOLICITADOS: 766g/12 y 30  
 PRESENTA QUE FORMA LA MUESTRA: Sr. Damián Velez  
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: Temperatura: Temperatura: 23°C

RESULTADOS ANALÍTICOS

CONCENTRACION	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Proteína	g/100g	12.73	-
Grasa	g/100g	1.44	-
Humedad	g/100g	70.88	-
Carbón	g/100g	0.85	-
Presencia de Urtrapas	g/100g	0.2	-

OBSERVACIONES:

- Muestra enviada al laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

*[Firma]*  
 RDP: Vaneza Domínguez  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

*[Firma]*  
 RDP: Damián Velez  
 RESPONSABLE DEL MUESTRO

*[Firma]*  
 RDP: Damián Velez  
 RESPONSABLE DEL MUESTRO

Este documento se puede encontrar en el portal electrónico de la unidad a través de la cuenta de Internet. Página: 1 de 1  
 Los resultados están sujetos a cambios en caso de errores de los datos. Documento NCT2010-01

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: DAMIAN VELEZ NAVIA		ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE PESCADO LUEGO DE 6 HORAS DE CONGELAMIENTO	
				Lámina	2
				Fecha	Enero 2012

ANEXO III

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE PESCADO LUEGO DE 12 HORAS DE CONGELAMIENTO



INFORME DE ENSAYO No: 004  
 ST: 1.- 80 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Pruebas Poliméricas: S. Dama Vela  
 Área: Gerencia de Riesgo y Control

FECHA: 2 de Septiembre del 2011  
 NÚMERO DE MUESTRAS: 1  
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2011/09/02 - 0:30  
 FECHA DE PUBLICACIÓN: 2011/09/02 - 0:30  
 FECHA DE ANÁLISIS: 2011/09/02 - 2011/09/02  
 TÍTULO DE MUESTRA: Escala  
 CÓDIGO LAB. CERTIFICADO: LAS 02a 272 II  
 CÍRCULO DE LA AMERIKAN: 1  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN: Facultad de Ciencias  
 ANÁLISIS QUÍMICO: Fisicoquímico y microbiológico  
 PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Escala y pH  
 CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: S. Dama Vela  
 Temperatura: 25°C, Humedad: 21.0%

RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÁMETRO	MÉTODO INSTRUMENTAL	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE REFERENCIAL
Proteína	FEL-LAB-TESTA 004 Método Kjeldahl	%	20.21	-
Grasa	FEL-LAB-TESTA 005 Método Soxhlet	%	1.95	-
Humedad	FEL-LAB-TESTA 006 Método Gravimétrico	%	75.20	-
Cenizas	FEL-LAB-TESTA 007 Método Gravimétrico	%	0.81	-
Acidez Hidrogeno	FEL-LAB-TESTA 008 Método pH	Unidades de acidez	8.0	-

OBSERVACIONES:

- Muestra recogida en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

*[Firma]*  
 Bcy. Mariana Carrillo  
 RESPONSABLE TÉCNICO

*[Firma]*  
 MSc. María  
 RESPONSABLE

*[Firma]*  
 Bcy. Néstor  
 RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento es parte de un expediente y debe ser conservado en la unidad de conservación de documentos. Página 1 de 1  
 Los resultados serán válidos solo si se relacionan con los datos de origen  
 V01200-01

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE PESCADO LUEGO DE 12 HORAS DE CONGELAMIENTO	Lámina	3	Fecha	Enero 2012
	Escala	NORMAL		
<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>Realizado por: DAMIAN VELEZ</b> <b>NAVIA</b>				
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>			

**ANEXO IV**

**FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE REFRIGERACIÓN**

	x 12,000	=	btu/h
	x 200	=	btu/min
<b>T.R.</b>	x 3,024	=	kcal/h
	x 3.5145	=	KW
	x 12,652	=	kJ/h
	x 4.716	=	hp
	x 3.9683	=	btu/h
<b>kcal/h</b>	+ 3,024	=	T.R.
	x 0.2845	=	KW
	+ 12,000	=	T.R.
<b>btu/h</b>	x 0.252	=	kcal/h
	x 293	=	KW

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>FACTORES DE CONVERSION DE UNIDADES DE REFRIGERACION</b>		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>Realizado por: DAMIAN VELEZ</b> NAVIA	4	NORMAL	Enero 2012

ANEXO V

PANEL SANDWICH DE POLIURETANO PARA PAREDES Y TECHO

**Aislante**

- Espuma rígida de poliuretano
- Densidad de espuma: 38-40 kg/m<sup>3</sup>
- Conductividad térmica λ=0,02 kcal/mh°C

Panel con clasificación en prueba de reacción al fuego M2

**Acabados**

El panel **Isotermia** ofrece una gran versatilidad en cuanto a acabados ya que se puede combinar cualquiera de los siguientes acabados en cada cara:

- Chapa Prelacada (25 μm)
- Chapa Plastisol (200 μm)
- Acero galvanizado
- Acero inoxidable AISI304 y AISI316
- Poliester
- Madera antihumedad

**Dimensiones**

Acho: 1.200 mm.  
 Longitud: Hasta 12 m.  
 Espesores: 60, 80, 100, 125, 150, 175 y 200 mm.

Panel sandwich de poliuretano inyectado, con junta seca machihembrada y sistema de cierre con ganchos excéntricos de acero galvanizado.

Ofrece una excelente estanqueidad y facilita el control de la temperatura y la humedad, con lo cual se satisfacen los requisitos indispensables de las industrias agroalimentarias.

**Perfilado:**  
 Normal  
 Trapecial

Cierres excéntricos embutidos en la espuma

NOTAS

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Por calificar  Para información
- Por aprobar  Para archivar
- Por eliminar  Certificado

ESPOCH  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA  
 Realizado por: DAMIAN VELEZ  
 NAVIA

PANEL SANDWICH DE POLIURETANO  
 PARA PAREDES Y TECHO

Lámina	5
Escala	NORMAL
Fecha	Enero 2012

## ANEXO VI

### DATOS TÉCNICOS DE LOS PANELES SÁNDWICH DE POLIURETANO

ESPOSOR DEL PANEL mm	K COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA GLOBAL		PESO DEL PANEL CON SOPORTES DE ACERO EXTERNO E INTERNO 0.5 mm nominal kg / m <sup>2</sup>
	Kcal / m <sup>2</sup> h C	Watt / m <sup>2</sup> K	
60	0.29	0.33	10.00
80	0.22	0.25	10.80
100	0.17	0.20	11.60
120	0.14	0.17	12.40
140	0.12	0.14	12.80
150	0.11	0.13	13.60
180	0.10	0.11	15.00
200	0.09	0.1	15.85

El coeficiente de transmisión térmica (K) se ha calculado considerando el espesor del núcleo aislante y teniendo en cuenta la resistencia superficial.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DATOS TÉCNICOS DE LOS PANELES SÁNDWICH DE POLIURETANO		
			Lámina	Escala	Fecha
	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b> Realizado por: DAMIAN VELEZ NAVIA	6	NORMAL	Enero 2012

**ANEXO VII**

**TABLA DE TEMPERATURAS DE ALGUNOS REFRIGERANTES A PRESIÓN CONSTANTE**

REFRIG. N°	TEMPERATURAS EN °C		
	EBULLICION	CRITICA	CONGELACION
12	-29.8	112	-158
22	-40.7	96	-160
30	40.6	216.1	-97
123	27.9	---	-107
134a	-26.5	101.1	-103
170	-88.6	32.3	-172
502	-45.4	82.2	---
507	-46.7	71	---
717	-33.3	132.9	-78
718	100	374.5	0

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>Realizado por: DAMIAN VELEZ</b> NAVIA	<b>TABLA DE TEMPERATURAS DE ALGUNOS REFRIGERANTES A PRESIÓN CONSTANTE</b>		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			7	NORMAL	Enero 2012

**ANEXO VIII**

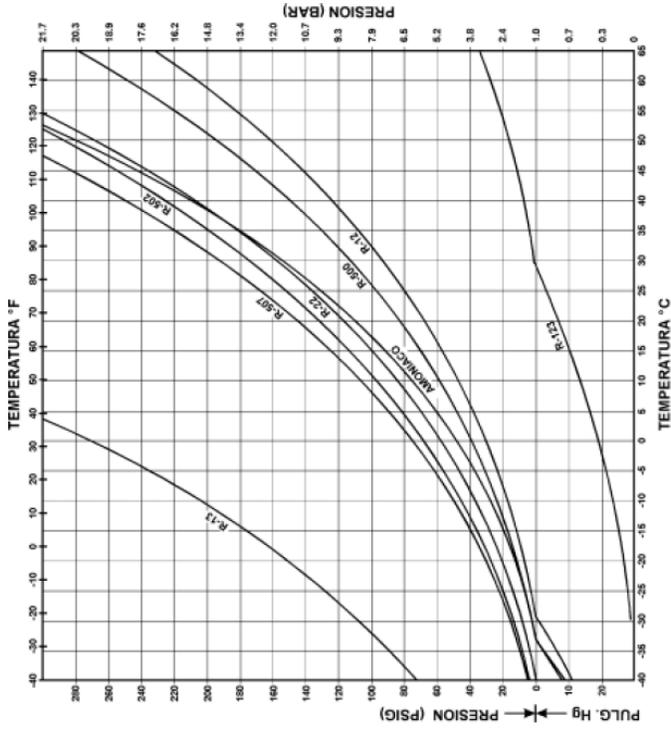
**TABLA DE PRESIONES DE OPERACIÓN DE ALGUNOS REFRIGERANTES**

REFRIG. N°	EVAPORADOR A -15°C		CONDENSADOR A 30°C	
	kPa	psig	kPa	psig
12	183	11.8	754	93.2
22	296	28.2	1,192	158.2
30	8	27.6*	69	9.5*
123	16	25.2*	110	1.2
134a	164	9.1	767	96.6
170	1627	221.3	4,660	661.1
500	214	16.4	880	113.4
502	348	35.9	1,319	176.6
717	236	19.6	1,167	154.5
718	0.8	29.7*	4.5	28.6*

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>Realizado por: DAMIAN VELEZ</b> NAVIA	<b>TABLA DE PRESIONES DE OPERACIÓN DE ALGUNOS REFRIGERANTES</b>	
			<b>Lámina</b> 8	<b>Escala</b> NORMAL

## ANEXO IX

### GRAFICA T vs P PARA VARIOS REFRIGERANTES COMUNES



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>GRAFICA T vs P PARA VARIOS REFRIGERANTES COMUNES</b>
	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>Realizado por: DAMIAN VELEZ</b> NAVIA	<b>Fecha</b> Enero 2012

**ANEXO X**

**CAMBIOS DE AIRE PROMEDIO EN 24 HORAS PARA CAMARAS DE CONGELAMIENTO**

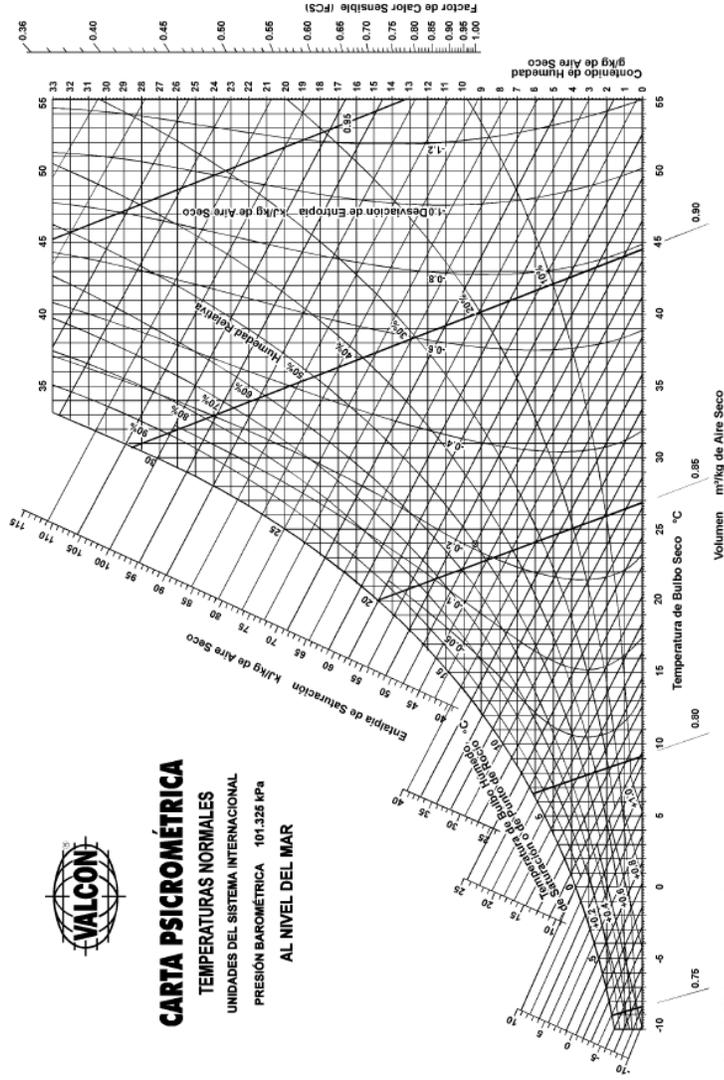
Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>Realizado por: DAMIAN VELEZ</b> NAVIA	<b>CAMBIOS DE AIRE PROMEDIO EN 24 HORAS PARA CAMARAS DE CONGELAMIENTO</b>		
			<b>Lámina</b> 10	<b>Escala</b> NORMAL	<b>Fecha</b> Enero 2012

**ANEXO XI**  
**CARTA PSICOMETRICA**



**CARTA PSICOMÉTRICA**  
TEMPERATURAS NORMALES  
UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL  
PRESIÓN BAROMÉTRICA 101.325 kPa  
AL NIVEL DEL MAR



Abajo de 0°C las propiedades y las líneas de desviación de la entalpia son para el hielo

**NOTAS**

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA**

- Por calificar  Para información
- Por aprobar  Para archivar
- Por eliminar  Certificado

**ESPOCH**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA**  
**Realizado por: DAMIAN VELEZ**  
**NAVIA**

**CARTA PSICOMETRICA**

**Lámina** 11

**Escala** NORMAL

**Fecha** Enero 2012

**ANEXO XII**

**TABLA DE DIFERENCIA DE TEMPERATURA VS. HUMEDAD RELATIVA PARA EVAPORADORES ENFRIADOS POR AIRE**

<b>Humedad Relativa</b>	<b>90 %</b>	<b>85%</b>	<b>80%</b>	<b>75%</b>
<b>Tubos Lisos (°C)</b>	3	5	7	10
<b>Tubos Aleteados (°C)</b>	5-6	7-8	9-10	12-13

<b>NOTAS</b>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <p>Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/></p> <p>Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/></p> <p>Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/></p>	<p align="center"><b>ESPOCH</b></p> <p align="center"><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p align="center"><b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p><b>Realizado por:</b> DAMIAN VELEZ NAVIA</p>	<b>TABLA DE DIFERENCIA DE TEMPERATURA VS. HUMEDAD RELATIVA PARA EVAPORADORES ENFRIADOS POR AIRE</b>		
			<b>Lámina</b> 12	<b>Escala</b> NORMAL	<b>Fecha</b> Enero 2012

**ANEXO XIII**

**PUERTA INDUSTRIAL PARA TUNEL DE CONGELAMIENTO**



<b>NOTAS</b>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <p>Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/></p> <p>Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/></p> <p>Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/></p>	<p><b>ESPOCH</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p><b>Realizado por: DAMIAN VELEZ</b></p> <p><b>NAVIA</b></p>	<p><b>PUERTA INDUSTRIAL PARA TUNEL DE CONGELAMIENTO</b></p>		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			13	NORMAL	Enero 2012

ANEXO XIV

TABLA DE PROPIEDADES DEL LÍQUIDO Y VAPOR SATURADOS PARA EL R-22

R-22, CHClF<sub>2</sub>, Clorodifluorometano

L (°C)	P (kPa)	v <sub>l</sub> (litro/kg)	v <sub>g</sub> (litro/kg)	h <sub>l</sub> (kJ/kg)	h <sub>g</sub> (kJ/kg)	s <sub>l</sub> (kJ/kg·K)	s <sub>g</sub> (kJ/kg·K)
-50	64.39	0.6952	0.32461	144.94	383.93	0.7791	1.8501
-48	71.28	0.698	0.28526	147.01	384.88	0.7883	1.8448
-46	78.75	0.7008	0.25907	149.09	385.82	0.7975	1.8397
-44	86.82	0.7036	0.24564	151.19	386.76	0.8056	1.8347
-42	95.55	0.7064	0.22464	153.29	387.69	0.8127	1.8298
-40	104.95	0.7093	0.20578	155.4	388.62	0.8188	1.8251
-38	115.07	0.7123	0.18881	157.52	389.54	0.8239	1.8205
-36	125.94	0.7153	0.17351	159.66	390.45	0.829	1.8161
-34	137.61	0.7183	0.15969	161.8	391.36	0.8318	1.8117
-32	150.11	0.7214	0.14719	163.96	392.25	0.8328	1.8075
-30	163.48	0.7245	0.13586	166.13	393.15	0.8327	1.8034
-28	177.76	0.7277	0.12558	168.31	394.03	0.8316	1.7995
-26	192.99	0.7309	0.11623	170.5	394.91	0.8294	1.7958
-24	209.22	0.7342	0.10772	172.7	395.77	0.8263	1.7923
-22	226.48	0.7375	0.09995	174.91	396.63	0.8225	1.7889
-20	244.83	0.7409	0.09286	177.13	397.48	0.818	1.7842
-18	264.29	0.7443	0.08637	179.37	398.31	0.8126	1.7807
-16	284.93	0.7478	0.08042	181.61	399.14	0.8063	1.7772
-14	306.78	0.7514	0.07497	183.87	399.96	0.8009	1.7738
-12	329.89	0.755	0.06996	186.14	400.77	0.7954	1.7705
-10	354.3	0.7587	0.06535	188.42	401.56	0.7897	1.7672
-8	380.06	0.7625	0.0611	190.71	402.35	0.7838	1.764
-6	407.23	0.7663	0.05719	193.02	403.12	0.7774	1.7609
-4	435.84	0.7703	0.05357	195.33	403.88	0.7705	1.7578
-2	465.94	0.7742	0.05023	197.66	404.63	0.7631	1.7549
0	497.59	0.7783	0.04714	200	405.37	0.7551	1.7519
2	530.83	0.7825	0.04427	202.35	406.09	0.7465	1.749
4	565.71	0.7867	0.04162	204.72	406.8	0.7373	1.7461
6	602.28	0.791	0.03915	207.09	407.5	0.7275	1.7433
8	640.59	0.7955	0.03685	209.48	408.18	0.7171	1.7405
10	680.7	0.8	0.03472	211.88	408.84	0.7062	1.7378
12	722.65	0.8046	0.03273	214.3	409.49	0.6948	1.7351
14	766.5	0.8094	0.03087	216.7	410.13	0.683	1.7325
16	812.29	0.8142	0.02914	219.15	410.75	0.6707	1.7299
18	860.08	0.8192	0.02752	221.6	411.35	0.6579	1.7273
20	909.93	0.8243	0.02601	224.07	411.93	0.6446	1.7247
22	961.89	0.8295	0.02459	226.56	412.49	0.6308	1.7221
24	1016.01	0.8349	0.02336	229.05	413.03	0.6165	1.7195
26	1072.34	0.8404	0.02201	231.57	413.56	0.6017	1.7171
28	1130.95	0.8461	0.02084	234.1	414.06	0.5864	1.7146
30	1191.88	0.8519	0.01974	236.65	414.54	0.5706	1.7121
32	1255.2	0.8579	0.01871	239.22	415	0.5543	1.7096
34	1320.97	0.8641	0.01774	241.8	415.43	0.5375	1.7071
36	1389.24	0.8705	0.01682	244.41	415.84	0.5202	1.7046
38	1460.06	0.8771	0.01595	247.03	416.22	0.5025	1.7021
40	1533.52	0.8839	0.01514	249.67	416.57	0.4844	1.6995
42	1609.65	0.8909	0.01437	252.34	416.89	0.4658	1.697
44	1688.53	0.8983	0.01364	255.03	417.18	0.4468	1.6944
46	1770.23	0.9058	0.01295	257.74	417.44	0.4273	1.6919
48	1854.8	0.9137	0.01229	260.49	417.66	0.4073	1.6894
50	1942.31	0.9219	0.01167	263.25	417.85	0.3868	1.6868
52	2032.84	0.9304	0.01108	266.05	417.99	0.3658	1.6843
54	2126.46	0.9394	0.01052	268.88	418.09	0.3443	1.6818
56	2223.23	0.9487	0.00999	271.74	418.15	0.3223	1.6793
58	2323.24	0.9585	0.00948	274.64	418.15	0.2998	1.6768
60	2426.57	0.9687	0.009	277.58	418.1	0.2768	1.6742
62	2533.29	0.9796	0.00854	280.57	417.99	0.2533	1.6716
64	2643.49	0.991	0.00811	283.5	417.81	0.2293	1.669
66	2757.26	1.0031	0.00768	286.68	417.56	0.2048	1.6664
68	2874.7	1.0161	0.00728	289.82	417.24	0.1808	1.6638
70	2995.9	1.0298	0.00689	293.03	416.82	0.1563	1.6611

Fuente: R. C. Downing ASHRAE Transactions 1974, Paper No. 7313

NOTAS

- CATEGORÍA DEL DIAGRAMA
- Para calificar
  - Para información
  - Para aprobar
  - Para archivar
  - Para eliminar
  - Certificado

ESPOCH  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA  
 Realizado por: DAMIAN VELEZ  
 NAVIA

TABLA DE PROPIEDADES DEL  
 LÍQUIDO Y VAPOR SATURADOS  
 PARA EL R-22

Lámina	Escala	Fecha
14	NORMAL	Enero 2012

ANEXO XV

TABLA DE ENTALPIA DEL LIQUIDO SUBENFRIADO Y EL VAPOR SOBRECALENTADO PARA EL R-22

$h$  (kJ/kg),  $h'$  (kJ/kg),  $h''$  (kJ/kg)

$T_{sat}$ (°C)	$P$ (kPa)	$T$ (°C)															
		-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40	749.8	144.7	155.6	162.6	177.7	193.1	205.6	212.3	224.3	235.7	245.8	252.9	257.2	260.5	262.8	264.2	264.8
50	749.8	144.6	155.5	162.5	177.6	193.0	205.5	212.2	224.2	235.6	245.7	252.8	257.1	260.4	262.7	264.1	264.7
60	749.8	144.5	155.4	162.4	177.5	192.9	205.4	212.1	224.1	235.5	245.6	252.7	257.0	260.3	262.6	264.0	264.6
70	749.8	144.4	155.3	162.3	177.4	192.8	205.3	212.0	224.0	235.4	245.5	252.6	256.9	260.2	262.5	263.9	264.5
80	749.8	144.3	155.2	162.2	177.3	192.7	205.2	211.9	223.9	235.3	245.4	252.5	256.8	260.1	262.4	263.8	264.4
90	749.8	144.2	155.1	162.1	177.2	192.6	205.1	211.8	223.8	235.2	245.3	252.4	256.7	260.0	262.3	263.7	264.3
100	749.8	144.1	155.0	162.0	177.1	192.5	205.0	211.7	223.7	235.1	245.2	252.3	256.6	259.9	262.2	263.6	264.2
15	780.0	143.0	154.0	161.0	177.1	192.4	204.9	211.6	223.6	235.0	245.1	252.2	256.5	259.8	262.1	263.5	264.1
10	681.2	143.0	154.0	161.0	177.1	192.4	204.9	211.6	223.6	235.0	245.1	252.2	256.5	259.8	262.1	263.5	264.1
5	581.3	143.0	154.0	161.0	177.1	192.4	204.9	211.6	223.6	235.0	245.1	252.2	256.5	259.8	262.1	263.5	264.1
0	481.3	143.7	154.7	161.7	177.7	193.0	205.5	212.2	224.2	235.6	245.7	252.8	257.1	260.4	262.7	264.1	264.7
5	401.9	143.7	154.7	161.7	177.7	193.0	205.5	212.2	224.2	235.6	245.7	252.8	257.1	260.4	262.7	264.1	264.7
10	314.9	143.7	154.7	161.7	177.7	193.0	205.5	212.2	224.2	235.6	245.7	252.8	257.1	260.4	262.7	264.1	264.7
15	246.1	143.7	154.7	161.7	177.7	193.0	205.5	212.2	224.2	235.6	245.7	252.8	257.1	260.4	262.7	264.1	264.7
20	246.4	143.6	154.6	161.6	177.6	192.9	205.4	212.1	224.1	235.5	245.6	252.7	257.0	260.3	262.6	264.0	264.6
25	211.5	143.6	154.6	161.6	177.6	192.9	205.4	212.1	224.1	235.5	245.6	252.7	257.0	260.3	262.6	264.0	264.6
30	161.9	143.6	154.6	161.6	177.6	192.9	205.4	212.1	224.1	235.5	245.6	252.7	257.0	260.3	262.6	264.0	264.6
35	132	143.6	154.6	161.6	177.6	192.9	205.4	212.1	224.1	235.5	245.6	252.7	257.0	260.3	262.6	264.0	264.6
-10	105.2	143.6	154.6	161.6	177.6	192.9	205.4	212.1	224.1	235.5	245.6	252.7	257.0	260.3	262.6	264.0	264.6
-15	82.01	143.6	154.6	161.6	177.6	192.9	205.4	212.1	224.1	235.5	245.6	252.7	257.0	260.3	262.6	264.0	264.6
-50	61.52	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2	305.2

Fuente: Wagner, W., and A. Rind. Equations of State for ChloroFluoroCarbons covering the entire fluid region from 110 K to 550 K at pressures up to 200 MPa. JPL NIST Rep. NISTIR 94-361.

NOTAS

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Por calificar
- Para información
- Por aprobar
- Para archivar
- Por eliminar
- Certificado

ESPOCH  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA  
 Realizado por: DAMIAN VELEZ  
 NAVIA

TABLA DE ENTALPIA DEL LIQUIDO SUBENFRIADO Y EL VAPOR SOBRECALENTADO PARA EL R-22		
Lámina	Escala	Fecha
15	NORMAL	Enero 2012

ANEXO XVI

TABLA DE ENTROPIA DEL LIQUIDO SUBENFRIADO Y EL VAPOR SOBRECALENTADO PARA EL R-22

s (kJ/kg·K), R-22, 0.11033 y, Chiralsoft.com.ar/4411

T <sub>sat</sub> (°C)	P (kPa)	t (°C)															
		-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40	1.2301	0.7273	0.7314	0.7354	0.7393	0.7431	0.7468	0.7504	0.7539	0.7573	0.7606	0.7638	0.7669	0.7699	0.7728	0.7756	0.7783
41	1.2354	0.7273	0.7314	0.7354	0.7393	0.7431	0.7468	0.7504	0.7539	0.7573	0.7606	0.7638	0.7669	0.7699	0.7728	0.7756	0.7783
35	1.1355	0.7222	0.7262	0.7301	0.7339	0.7376	0.7412	0.7447	0.7481	0.7514	0.7546	0.7577	0.7607	0.7636	0.7664	0.7691	0.7717
30	1.022	0.7172	0.7211	0.7249	0.7286	0.7322	0.7357	0.7391	0.7424	0.7455	0.7485	0.7514	0.7542	0.7569	0.7595	0.7621	0.7646
25	0.9011	0.7122	0.7160	0.7197	0.7233	0.7268	0.7302	0.7335	0.7367	0.7398	0.7428	0.7457	0.7485	0.7512	0.7538	0.7563	0.7588
20	0.7726	0.7072	0.7109	0.7145	0.7180	0.7214	0.7247	0.7279	0.7310	0.7340	0.7369	0.7397	0.7424	0.7450	0.7475	0.7500	0.7524
15	0.6381	0.7022	0.7058	0.7093	0.7127	0.7160	0.7192	0.7223	0.7253	0.7282	0.7310	0.7337	0.7363	0.7388	0.7413	0.7437	0.7460
10	0.4981	0.6962	0.6997	0.7031	0.7064	0.7096	0.7127	0.7157	0.7186	0.7214	0.7241	0.7267	0.7292	0.7316	0.7340	0.7363	0.7385
5	0.3531	0.6892	0.6926	0.6959	0.6991	0.7022	0.7052	0.7081	0.7109	0.7136	0.7162	0.7187	0.7212	0.7236	0.7259	0.7281	0.7302
0	0.2031	0.6822	0.6855	0.6887	0.6918	0.6948	0.6977	0.7005	0.7032	0.7058	0.7083	0.7107	0.7130	0.7152	0.7173	0.7193	0.7212
5	0.0481	0.6752	0.6784	0.6815	0.6845	0.6874	0.6902	0.6929	0.6955	0.6980	0.7004	0.7027	0.7049	0.7070	0.7090	0.7109	0.7127
10	0.0031	0.6682	0.6713	0.6743	0.6772	0.6800	0.6827	0.6853	0.6878	0.6902	0.6925	0.6947	0.6968	0.6988	0.7007	0.7025	0.7042
15	0.0001	0.6612	0.6642	0.6671	0.6700	0.6728	0.6755	0.6781	0.6806	0.6830	0.6852	0.6874	0.6895	0.6915	0.6934	0.6952	0.6969
20	0.0000	0.6542	0.6571	0.6600	0.6628	0.6655	0.6681	0.6706	0.6730	0.6752	0.6774	0.6795	0.6815	0.6834	0.6852	0.6869	0.6886
25	0.0000	0.6472	0.6500	0.6528	0.6555	0.6581	0.6606	0.6630	0.6652	0.6674	0.6695	0.6715	0.6734	0.6752	0.6769	0.6786	0.6802
30	0.0000	0.6402	0.6429	0.6456	0.6482	0.6507	0.6531	0.6554	0.6576	0.6597	0.6617	0.6636	0.6654	0.6671	0.6687	0.6703	0.6718
35	0.0000	0.6332	0.6358	0.6384	0.6409	0.6433	0.6456	0.6478	0.6499	0.6519	0.6538	0.6556	0.6573	0.6589	0.6604	0.6619	0.6633
40	0.0000	0.6262	0.6287	0.6312	0.6336	0.6359	0.6381	0.6402	0.6422	0.6441	0.6459	0.6476	0.6492	0.6507	0.6521	0.6535	0.6548
45	0.0000	0.6192	0.6216	0.6240	0.6263	0.6285	0.6306	0.6326	0.6345	0.6363	0.6380	0.6397	0.6413	0.6428	0.6442	0.6456	0.6469
50	0.0000	0.6122	0.6145	0.6168	0.6190	0.6211	0.6231	0.6250	0.6268	0.6285	0.6302	0.6318	0.6333	0.6347	0.6360	0.6373	0.6385

Fuente: Wagner, W., Mess, V., Probst, A., "A New Equation of State for Chlorodifluoromethane covering the entire fluid region from 110 K to 250 K at pressures up to 200 MPa. Dts. B. Krefeld, 1986, 1986.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH		TABLA DE ENTROPIA DEL LIQUIDO SUBENFRIADO Y EL VAPOR SOBRECALENTADO PARA EL R-22	
	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: DAMIAN VELEZ NAVIA		Lámina	Escala	Fecha
			16	NORMAL	Enero 2012	

**ANEXO XVII**

**TABLA DE VOLUMEN ESPECIFICO DEL LIQUIDO SUBENFRIADO Y EL VAPOR SOBRECALENTADO PARA EL R-22**

v (m³/kg), R-22, CHClF₂, Clorodifluorometano

t <sub>sat</sub> (°C)	t (°C)																
	P (kPa)	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
70	2998	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	9E-04	9E-04	1E-03		0.01	0.01	0.01
65	2702	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	9E-04	9E-04	1E-03	0.01	0.01	0.01	0.01
60	2428	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	9E-04	9E-04		0.01	0.01	0.01	0.01
55	2176	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	9E-04	9E-04	0.011	0.01	0.01	0.01	0.01
50	1943	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	9E-04	9E-04		0.013	0.01	0.01	0.02	0.02
45	1730	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	9E-04	9E-04	0.014	0.015	0.02	0.02	0.02	0.02
40	1534	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	9E-04		0.016	0.017	0.02	0.02	0.02	0.02
35	1355	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	9E-04	0.018	0.019	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
30	1192	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04		0.021	0.022	0.023	0.02	0.03	0.03	0.03
25	1044	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	8E-04	0.023	0.025	0.026	0.027	0.03	0.03	0.03	0.03
20	910.3	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04		0.028	0.029	0.03	0.032	0.03	0.03	0.04	0.04
15	789.6	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	0.031	0.033	0.034	0.036	0.037	0.04	0.04	0.04	0.04
10	681.2	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	0.037	0.038	0.04	0.042	0.044	0.05	0.05	0.05	0.05
5	584.3	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	8E-04	8E-04	0.041	0.044	0.046	0.048	0.05	0.052	0.05	0.06	0.06
0	498.1	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04		0.05	0.052	0.054	0.057	0.059	0.061	0.06	0.07	0.07	0.07
-5	421.9	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.057	0.06	0.062	0.065	0.068	0.07	0.073	0.08	0.08	0.08	0.08
-10	354.9	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.069	0.072	0.075	0.078	0.081	0.084	0.087	0.09	0.09	0.1	0.1
-15	296.3	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.083	0.087	0.091	0.094	0.098	0.101	0.105	0.11	0.11	0.12	0.12
-20	245.4	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.097	0.102	0.106	0.111	0.115	0.119	0.123	0.127	0.13	0.14	0.14
-25	201.5	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.114	0.12	0.125	0.13	0.136	0.141	0.146	0.151	0.156	0.17	0.18
-30	163.9	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.142	0.149	0.155	0.161	0.168	0.174	0.18	0.186	0.192	0.2	0.21
-35	132	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.178	0.186	0.194	0.202	0.209	0.217	0.224	0.232	0.239	0.25	0.26
-40	105.2	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.215	0.225	0.235	0.244	0.254	0.264	0.273	0.283	0.292	0.301	0.31
-45	82.91	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.275	0.287	0.3	0.312	0.324	0.336	0.348	0.36	0.371	0.383	0.4
-50	64.52	7E-04	7E-04	7E-04	7E-04	8E-04	0.34	0.355	0.371	0.387	0.402	0.417	0.433	0.448	0.463	0.478	0.493

Fuente: Wagner, W., Marx, V., Prob, A., "A New Equation of State for Chlorodifluoromethane covering the entire fluid region from 116 K to 550 K at pressures up to 200 MPa, Int. J. Refrig. 16:373, 1993.

**NOTAS**

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA**

- Para calificar  
 Para información  
 Para aprobar  
 Para archivar  
 Para eliminar  
 Certificado

**ESPOCH**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA**  
**Realizado por: DAMIAN VELEZ**  
**NAVIA**

**TABLA DE VOLUMEN ESPECIFICO DEL LIQUIDO SUBENFRIADO Y EL VAPOR SOBRECALENTADO PARA EL R-22**

<b>Lámina</b>	17
<b>Escala</b>	NORMAL
<b>Fecha</b>	Enero 2012

ANEXO XVIII

CATALOGO DE VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA

Válvulas de Expansión Termostática

**Danfoss**  
TE 6 - TE 12 - TE 20

Elemento Termostático Range N. 4100

MODELO	Net Weight	Maximum Pressure	Max. Working Temp.	CONDICIONES
TE 6	1.20	2500 psi	110°C	CONDICION 1
TE 12	1.80	2500 psi	110°C	CONDICION 1
TE 20	2.40	2500 psi	110°C	CONDICION 1
TE 6	1.20	2500 psi	110°C	CONDICION 2
TE 12	1.80	2500 psi	110°C	CONDICION 2
TE 20	2.40	2500 psi	110°C	CONDICION 2

Grupo de Orificio

MODELO	Net Weight	Maximum Pressure	Max. Working Temp.	CONDICIONES
TE 6	1.20	2500 psi	110°C	CONDICION 1
TE 12	1.80	2500 psi	110°C	CONDICION 1
TE 20	2.40	2500 psi	110°C	CONDICION 1

Grupo de Válvula

MODELO	Net Weight	Maximum Pressure	Max. Working Temp.	CONDICIONES
TE 6	1.20	2500 psi	110°C	CONDICION 1
TE 12	1.80	2500 psi	110°C	CONDICION 1
TE 20	2.40	2500 psi	110°C	CONDICION 1

NOTAS

1. Para obtener información de los productos de Danfoss, consulte el sitio web: [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com)

2. La capacidad máxima de carga de refrigeración es de 100 kg.

3. La capacidad máxima de carga de refrigeración es de 100 kg.

4. La capacidad máxima de carga de refrigeración es de 100 kg.

5. La capacidad máxima de carga de refrigeración es de 100 kg.

6. La capacidad máxima de carga de refrigeración es de 100 kg.

7. La capacidad máxima de carga de refrigeración es de 100 kg.

8. La capacidad máxima de carga de refrigeración es de 100 kg.

9. La capacidad máxima de carga de refrigeración es de 100 kg.

10. La capacidad máxima de carga de refrigeración es de 100 kg.

CATALOGO DE VALVULAS DE EXPANSION TERMOSTATICA

Lámina 18

Escala NORMAL

Fecha Enero 2012

ESPOCH

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA

Realizado por: DAMIAN VELEZ NAVIA

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

Para información  
 Para archivar  
 Certificado

NOTAS

**ANEXO XIX**

**LISTA MATERIALES NECESARIOS PARA CONSTRUCCION DEL TUNEL**

<b>LISTA DE MATERIALES Y SUMINISTROS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL DE CONGELAMIENTO</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>
Panel sándwich de poliuretano para paredes y techo	74 m <sup>2</sup>
Panel de poliuretano rígido para piso	20 m <sup>2</sup>
Puerta industrial	3,2 m <sup>2</sup>
Compresor	23,18 hp
Condensador	77,76 hp
Evaporador	55,72 hp
Válvula de expansión termostática	55,72 hp
Refrigerante R-22	

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b>	<b>LISTA MATERIALES NECESARIOS PARA CONSTRUCCION DEL TUNEL</b>	
	Por calificar <input type="checkbox"/> Para información <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Para archivar <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>Realizado por: DAMIAN VELEZ</b> NAVIA	<b>Lámina</b>	<b>Fecha</b>
			19	Enero 2012

<b>Norma Técnica Ecuatoriana</b>	<b>PESCADO FRESCO, REFIRGERADO Y CONGELADO REQUISITOS</b>	<b>INEN 183 1975-04</b>
--------------------------------------	---	-----------------------------

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E6-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir el pescado fresco, el pescado refrigerado y el pescado congelado.

## 2. TERMINOLOGÍA

2.1 *Pescado*. Es todo pez comestible extraído del agua por cualquier procedimiento de pesca.

2.2 *Pescado fresco*. Es el pescado que no ha sido sometido a ningún proceso de conservación y se mantiene inalterado y apto para el consumo humano.

2.3 *Pescado fresco entero*. Es el pescado fresco que se presenta en forma intacta.

2.4 *Pescado refrigerado*. Es el pescado entero, eviscerado, descabezado o en filetes, que después de su acondicionamiento, ha sido sometido a una temperatura no mayor de - 6° C, en un lapso que permita su refrigeración completa y que luego es mantenido hasta su expendio, a una temperatura no mayor de - 2° C en cámaras frigoríficas.

2.5 Es el pescado entero, eviscerado, descabezado o en filetes, que inmediatamente después de su acondicionamiento, se lleva a una temperatura no mayor de - 30° C, hasta su congelación completa, y que luego es mantenido hasta su expendio, a una temperatura no mayor de - 27° C en cámaras frigoríficas o en equipos especiales destinados a tal efecto.

## 3. DISPOSICIONES GENERALES

### 3.1 Para el pescado fresco

3.1.1 En los barcos pesqueros, al momento de la captura, el pescado deberá ser clasificado por especies; eviscerado (cuando el caso lo requiera), cuidadosamente lavado en agua de mar limpia e inmediatamente colocado en cámaras frigoríficas o en las bodegas en contacto con hielo, en la proporción de 2 a 1 entre masa de pescado y hielo, con ó sin adición de sal.

3.1.2 Si el pescado no es transportado, inmediatamente, del puerto de recepción a los centros de consumo, deberá almacenarse en cámaras frigoríficas, por 3 días como máximo, a una temperatura de 0° C y un grado higrométrico de 85 a 90%.

3.1.3 El transporte del producto en tierra, deberá realizarse en vagones o camiones isoterms y en cajas de embalaje de material impermeable y de fácil limpieza, mezclado con hielo, en la proporción de 2 a 1 entre masa de pescado y hielo. Si el transporte se realizara en camiones frigoríficos, deberá mantenerse la temperatura a 0° C como máximo y un grado higrométrico de 85 a 90 %.

*(Continúa)*

**3.1.4** En los mercados mayoristas, el pescado se expenderá y distribuirá en el mismo día de su arribo, caso contrario, se conservará en cámaras frigoríficas en las mismas condiciones establecidas en 3.1.3 y si pasadas 48 horas contadas a partir de su arribo no fuese vendido, será destruido o desechado de inmediato.

**3.1.5** En los mercados minoristas, el pescado se conservará en cámaras frigoríficas a una temperatura no mayor de 0° C o en cajas de embalaje de material impermeable y de fácil limpieza, mezclado con hielo y sal, en la proporción de 2 a 1 entre masa de pescado y hielo. El producto deberá colocarse sobre superficies impermeables y no porosas, que tengan una inclinación de 10 a 15° para facilitar el escurrimiento de las aguas de deshielo. El pescado podrá permanecer en estas condiciones por un tiempo no mayor de 3 días.

### **3.2 Para el pescado refrigerado**

**3.2.1** El pescado refrigerado, ya sea entero, descabezado, eviscerado o en filetes, deberá mantenerse a una temperatura no mayor de -2° C, desde su refrigeración hasta la venta al público. El pescado podrá permanecer en estas condiciones, por un tiempo no mayor de 3 días.

### **3.3 Para el pescado congelado**

**3.3.1** El pescado congelado, ya sea entero, descabezado, eviscerado ó en filetes, deberá mantenerse a una temperatura no mayor de -27° C, desde la congelación hasta la venta al público.

**3.3.2** En la cámara de almacenamiento, será conveniente que circule una corriente de aire forzada.

**3.3.3** El tiempo máximo de almacenamiento aconsejable, en estas condiciones, será de hasta 1 año.

## **4. REQUISITOS DEL PRODUCTO**

**4.1** El pescado fresco entero deberá estar en perfectas condiciones de conservación, sus ojos deberán ser transparentes, la piel y las escamas brillantes, las agallas de color rojo claro y su olor característico normal. La carne deberá estar estrechamente adherida a las espinas, será consistente y elástica y al comprimirla con el dedo, deberá desaparecer inmediatamente la señal producida. La sangre abdominal deberá presentar un aspecto brillante.

**4.2** El pescado refrigerado y congelado, después de su descongelación, deberá cumplir con las mismas condiciones establecidas en el numeral 4.1

**4.3** El pescado, ensayado de acuerdo a las normas ecuatorianas correspondientes, deberá presentar un contenido máximo de nitrógeno básico volátil de 49,5 mg por 100g, expresado como nitrógeno.

**4.4** El pescado ensayado de acuerdo a lo señalado en el anexo A, deberá presentar un pH máximo de 6,5 en la carne interna y 6,8 en la carne externa.

## **5. REQUISITOS COMPLEMENTARIOS**

**5.1** Para el transporte y almacenamiento del pescado, deberá emplearse cajas de material impermeable, de preferencia no recuperables después de su uso o recipientes de materiales inoxidables, sin espacios muertos y de una estructura tal, que permita una limpieza total y un desagüe completo.

*(Continúa)*

**5.2** En cada envase de pescado congelado, deberá indicarse:

- a) nombre y marca del fabricante,
- b) variedad de pescado,
- c) lugar de fabricación,
- d) masa neta, en unidad SI, e)  
fecha de elaboración,
- f) número de lote, y
- g) registro sanitario.

## **6. MUESTREO**

**6.1** El muestreo se realizará por convenio previo de acuerdo con la norma INEN respectiva.

*(Continúa)*

## **ANEXO A**

### **DETERMINACION DEL pH**

#### **A.1 Instrumental**

**A.1.1** *Potenciómetro*, calibrado, provisto de electrodos de vidrio,

#### **A.2 Procedimiento**

**A.2.1** El pH del pescado se deberá tomar en cada pieza en forma separada.

**A.2.2** Realizar un corte adecuado en cada pieza, de forma tal que permita poner en contacto el electrodo con la carne. Tomar la lectura inmediatamente y reportarla.

**A.2.3** La temperatura del ensayo deberá ser de 10°C

*(Continúa)*

## APENDICE Z

### Z.1 NORMAS A CONSULTAR

INEN 182 *Conservas envasadas de pescado. Determinación del nitrógeno básico volátil.*

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma UNE 34800. *Conservación del pescado fresco, desde la captura a la expedición al público.* Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo. Madrid.

Norma OFSANPAN IALUTZ 031-01-00. *Peces.* OPS/OMS Oficina Sanitaria Panamericana. Washington, 1968.

Norma IRAM 15230. *Pescado fresco, congelado y supercongelado.* Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1972.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Documento:** NTE INEN 183      **TÍTULO:** PESCADO FRESCO, REFIRGERADO Y CONGELADO. REQUISITOS      **Código:** AL 03.03-401

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. publicado en el Registro Oficial No.  Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: 1974-06-03 al 1974-07-18

Subcomité Técnico: AL 03-03 Conservas de Pescado

Fecha de iniciación:

Fecha de aprobación: 1974-09-18

Integrantes del Subcomité Técnico:

### NOMBRES:

### INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Jorge Paladines

DIRECCIÓN DE SANEAMIENTO AMBIENTAL,  
MINISTERIO DE SALUD

Dra. Elena Aguirre de Cárdenas

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE

Ing. Manuel Romo Leroux

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

Dr. Rómulo López

CONALEC

Dr. Estuardo Robalino Sr.

INEPACA

Oswaldo Trujillo Ing.

ECUATORIANA DE ATUN

Enrique Reyes

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

Dr. Enrique Ansaldo

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

Dr. Francisco León Ing.

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

Pedro Rosero

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

TECNOLOGICAS,

DE LA UNIVERSIDAD GUAYAQUIL

Ing. Néptali Villacís Eco.

DIRECCION DE DESARROLLO INDUSTRIAL

Eurípides Nogales Arq.

DIRECCION DE PESCA

Félix Enriquez

OMHEGA

Ing. Eduardo Vega

INEN

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1975-04-29.

Oficializada como: OBLIGATORIA  
Registro Oficial No. 861 de 1975-08-06.

Por Acuerdo Ministerial No. 785 de 1975-06-06

---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec) Área Técnica de  
Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec) Área Técnica de Verificación: E-  
Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec) Regional Azuay: E-  
Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec) Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)



**"EL DORADO"**  
RUC: 0801239385001  
MATRIZ: PUERTO PESQUERO ARTESANAL BODEGA # 64  
SUCURSAL: SUCRE Y MARGARITA CORTEZ 2108  
TELEFONO: 062714832 – 086152326  
EMAIL: [eldorad@hotmail.es](mailto:eldorad@hotmail.es)  
Esmeraldas-Ecuador



Esmeraldas 17 de Enero del 2012

A QUIEN INTERESE:

La empresa **"EL DORADO"** por medio de la presente **CERTIFICA** que el Sr: **VELEZ NAVIA DAMIAN AQUILES**, portador de la C.I.: 080160526-2; ha realizado el tema de tesis **"DISEÑO DE UN TUNEL DE CONGELAMIENTO DISCONTINUO PARA PESCADO EN LA EMPRESA EL DORADO EN EL CANTON ESMERALDAS"**, la cual forma parte del desarrollo de la planta de procesamiento de mariscos.

El interesado puede hacer uso de esta información para los trámites pertinentes.

Atentamente



**GERENTE PROPIETARIA  
DRA. LORENA GONZALEZ JARA**