INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

CARRERA:

INGENIERÍA QUÍMICA

RESIDENCIA PROFESIONAL

NOMBRE DEL PROYECTO:

ANTEPROYECTO PARA EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DEL PEZ DIABLO (HYPOSTOMUS PLECOSTOMUS) EN HARINA PARA SU USO COMO FERTILIZANTE

ASESOR: DR. JUAN JOSÉ VILLALOBOS MALDONADO

PRESENTA: ROMEO DE JESÚS SANTIAGO CABRERA

AGO/2017

ÍNDICE

Primera sección

Pág.

Índice……..……..…..1

Resumen……..…….……4

Summary……....5

Introducción……...6

Tema

1. Antecedentes……..……7

1.1 Pez diablo (*Hypostomus plecostomus*)……7

1.1.2 Introducción a México……22

1.1.3 Llegada a nuestro estado……23

1.1.4 Problemas ocasionado por el pez diablo……25

1.2 Ejemplos de especies invasoras……25

1.2.1 Ejemplos de alternativas de combate de especies invasoras……27

1.2.2 Resultados de alternativas……28

2. Justificación y objetivo general del proyecto……...……29

2.1 Objetivos específicos……29

3. Composición de harina de pescado……30

3.1 Obtención de harina del pez diablo (*Hypostomus plecostomus*)……33

3.2 Actividades para la obtención de harina de pez diablo (*Hypostomus plecostomus*)……34

3.2.1 Obtención de materia prima……35

3.2 Seccionamiento del pez diablo……35

3.2.3 Cocción……37

3.2.4 Pre- estruje y prensado…….38
3.2.5 Secado…….39
3.2.5.1 Obtención de curva de secado…….39
3.2.6 Molienda……..50
3.2.7 Tamizado……..…50

4. Caracterización de la harina del pez diablo (*Hypostomus plecostomus*)…...52
4.1 Análisis para obtención de contenido de ácidos grasos…….54
4.2 Cuantificación de contenido proteico…….56
4.3 Análisis para determinación de cenizas…….58
4.4 Análisis para determinación de humedad…….60
4.5 Análisis para obtención de contenido de fibra cruda……..…62
4.6 Estimación de composición de pez diablo fresco…….……66

5. Selección de tecnología de proceso…….68
5.1 Alternativas de tecnología de proceso……...……74
5.2 Criterios de selección……77
5.3 Proceso seleccionado……...79
5.3.1 Recepción de materia prima…….……79
5.3.2
Cocción……..……79
5.3.3. Pre-estruje y prensado…….……80
5.3.4 Decantación……81
5.3.5 Centrifugación……....82
5.3.6 Clarificación…….82
5.3.7 Evaporación…….83
5.3.8 Secado…….……84
5.3.9 Enfriamiento……85
5.3.1 Molienda y envasado……85
5.3.11 Almacenamiento…….……86
5.5 Mano de obra e insumos……..……87

5.6 Subproducto obtenido……...……88

5.7 Servicios auxiliares ……..……89

6. Balances de materia y energía……..90

6.1 Balances parciales y generales de materia (Diagrama)…….……90

6.2 Balance general de materia y energía (Diagrama)……..….135

6.3 Balance de servicios auxiliares (Diagrama)……137

7. Normas Oficiales Mexicanas para una planta de procesamiento de harina de pescado…….141

Segunda sección

8. Conclusiones…….….1

9. Referencias bibliográficas……..…..2

10. Anexos……...……6

Resumen

En este documento elaborado se resumen las actividades realizadas dentro de la residencia profesional, el fin de este proyecto es dar una propuesta para el combate de una especie invasiva como lo es el pez diablo (*Hypostomus plecostumus*) en el estado de Chiapas, observando esta problemática, analizándolo y ofreciendo una alternativa desde un punto de vista ingenieril y técnico, basándose en diversas fuentes bibliográficas y documentos especializados sobre la materia, en este documento se partirá desde un resumen de la biología de la especie, su llegada a nuestro país y estado, las diversas problemáticas que conlleva su propagación, las medidas que se pueden tomar para combatirlo y antecedentes en otras especies, llegando hasta su procesamiento de manera rudimentaria para la obtención de harina y llevar a cabo los análisis en laboratorios para la caracterización de la harina obtenida, ofreciendo una selección de la tecnología para su procesamiento y equipos de procesos con sus servicios auxiliares necesarios dentro del proceso, con sus respectivos balances de materia y energía.

Summary

This document summarizes the activities performed within the professional residence, the purpose of this project is to give a proposal for the combat of an invasive species such as the Devilfish (Hypostomus plecostumus) in the state of Chiapas, observing this problem , Analyzing it and offering an alternative from an engineering and technical point of view, based on diverse bibliographical sources and specialized documents on the subject, this document will start from a summary of the biology of the animal, its arrival in our country and state, the Various problems that lead to its propagation, the measures that can be taken to combat it and antecedents in other species, reaching to its rudimentary processing for the obtaining of flour and to carry out the analyzes in laboratories for the characterization of the flour obtained, offering A selection of the technology for its processing and process equipment with Its necessary auxiliary services within the process, with their respective matter and energy balances.

Introducción

H. plecostomus es un pez de agua dulce ornamental muy popular, originaria del Norte de América del Sur, que ha sido introducido a los hábitats acuáticos de al menos 17 países de América, Asia y Europa. *Hypostomus* spp. tienen muchos rasgos de historia de vida que los hacen invasores exitosos: están cubiertos de placas blindadas, poseen amplias tolerancias ambientales y la capacidad de colonizar hábitats antropogénicos perturbados, proporcionar cuidado de los padres a través de la construcción de nidos y huevos-vigilancia, y que tienen la capacidad de respirar de aire en condiciones de hipoxia. Debido a su rápida maduración, altas densidades y longevidad, *Hypostomus* spp. puede monopolizar rápidamente los recursos de nutrientes, alterar las redes alimentarias, aumentar la turbidez y causar erosión en bancos a través de la construcción del nido, e inhibir físicamente otros organismos acuáticos. Además de los impactos ecológicos, las consecuencias socioeconómicas de las poblaciones introducidas de *Hypostomus* spp. puede ser grave. Por ejemplo, en México, los impactos incluyen la calidad del agua y el colapso de las grandes pesquerías de agua dulce reducidos. Se necesita más investigación para entender cómo *Hypostomus* spp. impacto sobre otros peces y organismos acuáticos en los sistemas que invaden.

1. ANTECEDENTES

Para conocer más sobre el pez diablo (*Hypostomus plecostumus*) y saber la problemática y panorama actual que existe es necesario recapitular la información sobre este tema desde su comportamiento, su bióloga y el impacto que ha ocasionado a través de los últimos años, que se está haciendo en nuestro país y estado, comparar con algunas especies invasivas similares y que se ha hecho para combatirlas, de esta manera se podrá analizar y obtener una mejor opinión y así ofrecer una propuesta para combatirla.

1.1 Pez diablo

- **Nombre Científico preferido**
- Plecostomus Hypostomus (Imagen 1.0, Anexos)
- **Nombre común preferido**
- Siluro ventosa
- **Árbol taxonómico**
- Dominio: Eucariontes
- Unido: Metazoa
- Filo: Chordata
- Subfilo: Vertebrata
- Clase: Actinopterygi

Otros nombres científicos

- Acipenser Plecostomus (Linnaeus) 1758)
- Hypostomus Guacarí (Lacépède 1803)
- Loricaria flava (Shaw 1804)
- Plecostomus bicirrosus (Gronow 1854)
- Plecostomus brasiliensis (Bleeker 1863)
- Plecostomus Plecostomus (Linnaeus 1758)
- Pterygoplichthys plecostomus (Linnaeus 1758)

Nombres comunes locales

- **Australia:** pleco
- **Brasil:** ácaros; Acarí; Acarí pedral; Acari-Bodó; armadilho; presagiar; bode de Igarapé; Bodó; Cascudo; Guacarí; Guacarí; tatu pirá; vacari; yau urá
- **Colombia:** cacucho; Coroncoro; corroncho; cucha
- **Dinamarca:** almindelig sugemalle; storhovedet sugemalle
- **Finlandia:** surinamintäpläpleko
- **Alemania:** Plecostomus; Saugmaulwels
- **Guyana:** Hasar mar; siluro ventosa
- **México:** pleco, pez diablo, bagre blindado
- **Filipinas:** peces conserje; Plecostomus; siluro chupar
- **Federación Rusa:** nizhnerot
- **EE.UU.:** armadillo del rio; bagre blindado; pleco; manchado pleco; ventosa bagre blindado; siluro ventosa

Distribución

Hypostomus sp. es originaria de América Central y del Sur, que van desde Costa Rica a Argentina (Página y Burr, 1991; Texas Parks and Wildlife, 2012). *H. Plecostomus* es originaria de América del norte de Suramérica, de Guyana, Surinam y la Guayana francesa, entre las cuencas del río Esequibo y Oyapock (Weber et al., 2012) (Imagen 1.1, Anexos). Se ha introducido en 17 países de América, Asia y Europa (Imagen 1.2. Anexos).

Es posible que los especímenes recogidos y registrados como *H. plecostomus* de Brasil (Silvano y Begossi, 2001) y Argentina (López et al., 1987) puede ser introducido poblaciones de *H. plecostomus* , o más probablemente otro *Hypostomus* sp., Ya que estos ubicaciones están geográficamente aisladas de la distribución natural de *H. Plecostomus* (norte de América del Sur).

Historia de la Introducción y Propagación

Históricamente, *H. Plecostomus* y *Hypostomus* sp. eran muy populares entre los acuaristas debido al hecho de que los miembros de este género fueron los únicos grandes loricáridos importados. De acuerdo con Sterba (1966), el comercio de especies ornamentales en 'plecos' comenzó en 1893 con importaciones comerciales de *H. Plecostomus* . *Hypostomus* spp. eran comunes en el comercio ornamental en los años 1960 y 1970, cuando loricáridos fueron exportados de Venezuela, Surinam y las Guyanas (la distribución natural de *H. plecostomus*) (PlanetCatfish, 2015). Después de la década de 1980, un número mucho mayor de géneros loricáridos estaban disponibles para los acuaristas, incluyendo *Pterygoplichthys* spp. (Hoover et al., 2014). Actualmente la mayoría 'siluro ventosa' son exportados desde el Perú y Brasil (el área de distribución natural de muchos *Pterygoplichthys* spp.) (PlanetCatfish, 2015).

Aunque las poblaciones introducidas de *H. Plecostomus* se producen en al menos 17 países, estas poblaciones no han sido bien documentado, sobre todo en muchos países asiáticos. Esto se ha visto agravado por la incertidumbre taxonómica de loricáridos en general, y *Hypostomus* y *Pterygoplichthys* spp. en particular.

Hábitat

A través de su rango nativo, *H. plecostomus* típicamente habita lento que fluyen alcances, bajas de los ríos entre las cataratas inferiores y la zona de estuario. La especie también puede habitar lagos y pantanos y por lo general se asocia con la madera sumergida. Los sustratos pueden variar de lodo y detritus, a grava y cantos rodados y cantos rodados a la arena (Burgess, 1989; Weber et al, 2012;. Armbruster, 2015).

Como una especie introducida, *H. Plecostomus* habita antropogénicamente modificado los hábitats acuáticos. Por ejemplo, la especie se desarrolla en la cuenca alta del río Cauca, Colombia. Los procesos físicos que degradan este sistema fluvial incluidos los regímenes hidrológicos modificados (presas),

contaminación (aguas residuales industriales, agrícolas y domésticos), la extracción de arena y grava, la extracción de agua y la deforestación. Los impactos incluyen la sedimentación y aumento de la turbidez y la reducción de oxígeno disuelto. En estas condiciones, las poblaciones introducidas de *H. Plecostomus* prosperaron y se encontró que la especie para dominar ictiofauna local (Ortega et al., 1999;. López Macias et al, 2009).

En los EE.UU. y México, las poblaciones introducidas con frecuencia se producen en zonas poco profundas del litoral, en los lagos, ríos, embalses y aguas termales (Hoover et al., 2014) (Fig.1.3, Anexos).

Lista hábitat

Categoría	Hábitat	Presencia	Estado
Agua dulce			
	De agua dulce	Hábitat secundario / tolerada	Nocivas (plaga o invasivo)
	Los canales de riego	Hábitat secundario / tolerada	Nocivas (plaga o invasivo)
	Lagos	Principal hábitat	Nocivas (plaga o invasivo)
	Lagos	Principal hábitat	Natural
	Estanques	Principal hábitat	Nocivas (plaga o invasivo)
	Estanques	Principal hábitat	Natural
	Embalses	Hábitat secundario / tolerada	Nocivas (plaga o invasivo)
	Ríos / arroyos	Principal hábitat	Nocivas (plaga o invasivo)
	Ríos / arroyos	Principal hábitat	Natural

Biología y Ecología

Genética

Los números diploide / cromosomas haploides de *H. plecostomus* son 54-54 / 27 (Froese y Pauly, 2014). La diversidad genética dentro de la *Hypostomus* género es extremadamente alta (Alves et al., 2005).

Biología reproductiva

Cuidado de los padres es común en los loricáridos y muchas especies son constructores de la cavidad y guarders nido. Masculina *H. Plecostomus* se introducen en los bancos y los sedimentos del fondo para crear cámaras en las que las hembras ponen huevos (Figura 1.4, Anexos). Los machos guardan la masa de huevos (Burgess, 1989) que eclosionan en 3-5 días (Baensch y Riehl, 1985). Burrows de *H. plecostomus* observados en los estanques de Florida presenta una sola abertura, pero luego subdividir en tres o cuatro túneles diferentes que se extienden 0,9-1,2 m paralelo a la superficie del agua (Grier, 1980).

En Texas, se informó de madrigueras ser 1,2-1,5 m de profundidad (Texas Parques y Vida Silvestre, 2012). Burrows se encuentran normalmente en pendiente pronunciada bancos con suelos que contienen casi ningún grava, y que son especialmente evidentes en los estanques urbanas altamente perturbadas (Hoover et al., 2014).

H. plecostomus crece rápidamente y puede madurar en longitudes de 150 mm de poblaciones introducidas en Florida (Grier, 1980), que es menos de la mitad del tamaño adulto típico de 400-500 mm (Burgess, 1989). Tamaño en la madurez de *H. Plecostomus* es comparable con otros *Hypostomus* sp. en su área de distribución natural en América del Sur (Nomura y Mueller, 1980; Mazzoni y Caramaschi, 1995).

La fecundidad total de *H. Plecostomus* es informado de que aproximadamente 3000 huevos (Azevedo, 1938). La fecundidad parcial de los peces hembra del Río San Marcos en Texas osciló entre 871-3367 huevos por ovario (Cook-Hildreth, 2008). Los datos son similares a los de varios *Hypostomus* sp. en su rango nativo, que tienen fecundidades totales de varios miles de huevos, y fecundidades de lote de aproximadamente 1000 huevos (Mazzoni y Caramaschi, 1997; Duarte y Araujo, 2002). Las masas de huevos de *H. plecostomus* contienen típicamente 500-700 huevos (Grier, 1980;. Hoover et al, 2014).

H. Plecostomus se cree para desovar varias veces a lo largo de un prolongado período de desove. En Texas, los ovocitos-múltiples de tamaño, que son indicativos de múltiples eventos de desove, se documentan para la especie (Cook-Hildreth, 2008). La temporada de desove, en base a los índices gonadosomático, es de marzo a septiembre (Hoover et al., 2014).

En su área de distribución natural, *Hypostomus* sp. también presentan periodos de desove prolongados de más de 5 meses, que generalmente coincide con la estación lluviosa caliente (Mazzoni y Caramaschi, 1997) (Fig. 1.4, Anexos).

Fisiología y fenología

Loricáridos han evolucionado varias modificaciones de sus tractos digestivos que funcionan como órganos respiratorios accesorios u órganos hidrostáticos. Estas modificaciones incluyen el estómago ampliada en el *Pterygoplichthys* y *Hypostomus* spp., Donde las venas en las paredes del estómago de oxígeno absorción en el torrente sanguíneo. Loricáridos respiran aire facultativos y sólo respirar el aire si está sujeto a la hipoxia (Armbruster, 1998; Texas Parks and Wildlife, 2012).

Longevidad

Están disponibles en la vida útil de datos limitados *H. Plecostomus* . Radios de las aletas pectorales, utilizados en las evaluaciones de edad tradicionales, puede no ser exacta debido a lúmenes que se forman con el crecimiento de los peces (es decir, se convierten en hueco) y debido a la formación no anual de anillos de crecimiento. Duración de la vida de *Hypostomus* spp. en el ofrange salvaje de 7-8 años; Sin embargo, las muestras de acuarios son comúnmente reportados para vivir durante 10-15 años (Hoover et al., 2004).

Los patrones de actividad

Loricáridos son generalmente nocturna (PlecoInvasion, 2015) y no migratorio (Froese y Pauly, 2014). Aunque no migratorio, loricáridos muestran una tendencia a dispersarse a lo largo y entre los hábitats acuáticos. *Hypostomus* spp. Según los informes, puede cruzar la tierra húmeda para llegar a nuevos cuerpos de agua si es necesario (Texas Parques y Vida Silvestre, 2012;. Hoover et al, 2014). Según Gerstner (2007), la capacidad de dispersión y de la estación de retención de *Hypostomus* spp. en agua corriente se ve facilitada por diversos comportamientos distintivos a la morfología inusual del grupo. Estos incluyen la capacidad de sostener sobre sustratos sólidos utilizando el disco oral (ventosa), latidos aleta pélvica, y de enganche y de refuerzo utilizando las espinas tachonadas de las aletas pectorales. Estos comportamientos permiten incluso comparativamente pequeñas individuos (aproximadamente 80 mm de longitud total) para negociar fluye hasta 145 cm / s. Por consiguiente, una sola población puede colonizar rápidamente las masas de agua adyacentes (Hoover et al., 2014).

Tamaño de la población y la densidad

No se dispone de información sobre el tamaño de la población y la densidad de *plecostomus H.* poblaciones (Hoover et al, 2014.); sin embargo, los comentarios anecdóticos y observaciones cualitativas se han hecho en relación con el éxito de las poblaciones introducidas en los EE.UU.

El más exitoso de la población introducida *H. Plecostomus* en Texas se encuentra en San Felipe Creek, Condado de Val Verde. Desde que fue descubierto en este lugar la población de ha 'aumentado dramáticamente,' con la disminución simultánea de especies de algas se alimentan de indígenas (Howells, 2005; Hoover et al, 2014).. Ha habido una gran población en las cabeceras del río San Antonio, el Condado de Bexar, Texas, durante más de 50 años (Barron, 1964).

En Florida, *Pterygoplichthys multiradiatus* es 'con diferencia, el más exitoso de los loricáridos, abundante y generalizada,' con las poblaciones comunes en todo el centro y sur de la Florida (Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, 2015). En comparación, la Florida Fish and Wildlife Conservation Commission (2015) afirmaron que *Hypostomus* spp. poblaciones, a pesar de haber estado en la Florida desde la década de 1950, no se han generalizado, que se encuentra principalmente en los condados de Miami-Dade y Hillsborough. El escaso éxito de *Hypostomus* spp. hasta la fecha sugiere que está menos bien adaptado a las aguas de Florida que *P. multiradiatus* .

Hoover et al. (2014), caracterizado densidades de población adulta de poblaciones introducidas de *H. plecostomus* tan alto en hábitats antropogénicamente perturbados como embalses, arroyos urbanos, estanques urbanas y canales (Fig. 1.5, Anexos).

Nutrición

La ventosa ventral de *H. plecostomus* se usa para raspar o alimentos escofina de diferentes sustratos. *H. plecostomus* es omnívoro y consume principalmente materia algas / vegetal, periphyton (microorganismos adheridos a sustratos sumergidos), detritus y los invertebrados acuáticos bentónicos (Texas Parks and Wildlife, 2012; Froese y Pauly, 2014). Tiene intestinos relativamente largos debido a su dieta generalmente herbívoros o detritívoros.

Libra et al. (2011) investigaron la dieta de poblaciones introducidas de *H. Plecostomus* del río San Marcos, Texas, con contenido intestinal y análisis de isótopos estables. Gut análisis de contenido indicaron que *H. plecostomus* consume principalmente detritus amorfo (87%), algas rojas filamentosa (5,4%), y picoplancton (4,1%). Los isótopos estables indicaron que *H. plecostomus* ocupaba una posición trófica indicativo de un herbívoro y detritus probable utilizada de origen de algas.

Asociaciones

Hoover et al. (2014) observó que tres de las más grandes poblaciones introducidas de *H. Plecostomus* ocurrieron en zonas con una alta diversidad y abundancia de peces no nativos (especialmente grandes cíclidos), sobre todo el sur de Florida (Shafland et al., 2008), San Antonio River , Texas (Hubbs et al., 1978, Edwards 2001), y Infierinillo embalse, México (Mendoza-Alfaro et al., 2009). *Hypostomus* sp. co-ocurren con tilapia en varias áreas, incluyendo el arroyo San Felipe (López-Fernández y Winemiller, 2005), el río San Antonio, Texas (Edwards, 2001), y el sistema del río Hillsborough, Florida (Hoover et al., 2014).

Hoover et al. (2014) sugirieron que la perturbación de otras especies introducidas facilita el establecimiento de *Hypostomus* (y *Pterygoplichthys*) especies. Por ejemplo, la variación topográfica proporcionada por nidos de tilapia proporciona un hábitat que puede ser explotada por madriguera bagre. *H. Plecostomus* se han observado madriguera en los nidos de tilapia azul (*Oreochromis aureus*) en México, lo que podría causar que los peces a abandonar los nidos, y reducen el éxito reproductivo.

Requisitos medioambientales

En un entorno de acuario, *H. plecostomus* requieren temperaturas de 20-30 ° C (Baensch y Riehl, 1985; PlanetCatfish, 2015). *Hypostomus* sp. son encontrados que viven en zonas donde las aguas lleguen a 32 ° C (Barletta et al., 2000). *Hypostomus* sp. son tolerantes a las temperaturas más bajas (16 ° C), aunque a 13 ° C que presentan un enrojecimiento distintivo de las aletas debido a estrés por frío (Grier, 1980;. Hoover et al, 2014). En experimentos controlados de laboratorio Shafland y PESTRAK (1982) determinaron que una *Hypostomus* spp. alimentación reducida a 20,5 ° C, se detuvo la alimentación a 18,7 ° C y murió a 11,2 ° C. Hoover et al. (2014) sugirieron una temperatura más baja letal de 12-14 ° C, que fue apoyada por la ausencia de baja temperatura 'winter kills' por encima de 15 ° C en la Bahía de Galveston, Texas (Robinson y Culbertson, 2005) y la presencia de winter kills en Hillsborough río a 10-12 ° C (Hoover et al., 2014).

Hypostomus sp. tolerar el agua salobre de 6-12 ppt, aunque no se encuentran en salinidades adyacentes superiores (Barletta et al, 2000;.. Hoover et al, 2014).

Aunque *Hypostomus* sp. puede tolerar condiciones hipóxicas utilizando respiración accesorio, están disponibles en los niveles de oxígeno necesarias para promover esta respuesta no hay datos.

Las Tolerancia de agua

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo	Valor típico	Estado	Etapa de la vida	notas
Dureza (mg / l de carbonato de calcio)		28		Óptimo		<28-Baensch y Riehl (1985) (acuario)
El pH del agua (pH)	6.5	8		Óptimo		PlanetCatfish (2015) (acuario)
El pH del agua (pH)	6.2	8.2		Óptimo		6.2 a 8.2 - Baensch y Riehl (1985) (acuario) y Hoover et al. (2014) 6,5-8 - PlanetCatfish (2015) (acuario)
La temperatura del agua (temperatura ºC)		32		Perjudicial		<32 - Barletta et al. (2000) <20,5 (alimentación reducida), <18,7 (alimentación detenido), <11,2 (muerto) Shafland y PESTRAK (1982) (Laboratorio)
La temperatura del agua (temperatura ºC)	20	28		Óptimo		20-28-Baensch y Riehl (1985) (acuario) 20-30-PlanetCatfish (2015) (acuario)
La temperatura del agua (temperatura ºC)				Óptimo		<20,5 (alimentación reducida), <18,7 (alimentación detenido), <11,2 (muerto) (laboratorio; Shafland y PESTRAK, 1982)
La temperatura del agua (temperatura ºC)	20	30		Óptimo		acuario (PlanetCatfish, 2015)

Notas sobre los enemigos naturales

Introducido *Hypostomus* y *Pterygoplichthys* sp. puede ser consumido por las aves (cormoranes, garzas y pelícanos), caimanes / cocodrilos, nutrias, serpientes acuáticas, tortugas de agua dulce y peces depredadores incluyendo bagres grandes y lobina negra (López-Fernández y Winemiller, 2005; Nico, 2010; Galveston Programa del Estuario de la Bahía , 2015). Galveston Programa Estuario de la Bahía (2015) muestra imágenes de cormoranes se alimentan de *Pterygoplichthys* spp. en Houston, Texas.

Muchos depredadores tienen dificultad para tragar *Hypostomus* y *Pterygoplichthys* sp. debido a las espinas de los peces y los chalecos antibalas, y se ha observado que las aves (pelícanos) han muerto en el intento de tragar grandes ejemplares (Hoover et al., 2004). Una adaptación para reducir la depredación es la postura defensiva exhibida por estos peces cuando se manipulen o amenazadas: las espinas de la aleta se erigen y las aletas se expanden, por lo que los peces más grandes y más difícil de tragar (Hoover et al, 2014) (Fig. 1.6, Anexos).

Medios de movimiento y la dispersión

Dispersión natural (no biótico)

Una mayor propagación de *H. Plecostomus* por la dispersión natural puede ocurrir y es más probable en áreas con poblaciones considerables (en el sur de Florida, Texas y México) y en las zonas propensas a las inundaciones.

El potencial para la dispersión natural de *H. plecostomus* se incrementa por las tolerancias ambientales de la especie. Alta tolerancia a la hipoxia puede permitir que esta especie para colonizar y migran dentro de los canales antropogénicamente modificados a menudo asociados con las zonas urbanas fácilmente. Tolerancia de baja temperatura es probable que sea el factor limitante que pueden controlar la dispersión natural de *Hypostomus* sp. en el norte de EE.UU. (Hoover et al., 2014).

La introducción accidental

H. Plecostomus pueden haber sido introducido accidentalmente a Florida y México. Antes de 1980, *H. plecostomus* fue producido en grandes cantidades en las instalaciones de acuicultura en Florida (Grier, 1980). Peces fueron cultivadas en estanques al aire libre y estos estanques fueron drenados por temporadas para cosechar los peces adultos. Se especula que los juveniles se dispersaron con agua bombeada en el momento se cosecharon los adultos. *H. plecostomus* también pueden haber sido introducidas en las vías fluviales adyacentes a las instalaciones de acuicultura por medio de estructuras de contención fallidos, inundaciones, y la migración a través de los canales existentes, especialmente en la extensa red de canales artificiales y cursos de agua en el sur de Florida (Hoover et al., 2014).

Durante la década de 1960, *H. plecostomus* se utilizó para controlar las algas en las piscinas en un zoológico en Texas. El pez se escapó posteriormente en la parte alta del Río San Antonio (Barron, 1964).

Introducción intencional

H. plecostomus se introdujeron en la cuenca del Balsas, México, para controlar los macrófitos y algas, y ahora se establecen en múltiples cuerpos de agua (Mendoza-Alfaro et al., 2009).

H. plecostomus ha sido liberado intencionalmente por los acuaristas y esto sigue siendo una fuente importante de poblaciones introducidas (Hoover et al., 2014). La liberación de especímenes de acuario se cree responsable de la creación de muchas poblaciones introducidas de *Hypostomus* sp. en Hawai, México, Texas y Florida (Hoover et al., 2014).

Las causas de la vía

Porque	**notas**	**Larga distancia**	**Local**	**referencias**
Acuicultura	Cultivadas en estanques en Florida	Sí	Sí	Grier, 1980
Control biológico	Liberado en el curso superior del río San Antonio durante la década de 1960 en un esfuerzo por controlar las algas	Sí	Sí	Barron, 1964 ; Hoover et al., 2014
Escapar de su confinamiento / escape de jardín	Escapar / liberación de los estanques de acuicultura a través del agua drenada	Sí	Sí	Hoover et al., 2014
Inundaciones / otro desastre natural	Escapar / liberación de los estanques de acuicultura	Sí	Sí	Hoover et al., 2014
liberación intencional	peces ornamentales lanzado	Sí	Sí	Hoover et al, 2014. ; Parques y Vida Silvestre de Texas, 2012
Mascota del comercio / acuario	peces ornamentales populares en todo el mundo	Sí	Sí	Hoover et al., 2014
Investigación	Los estudios biológicos	Sí	Sí	Libra et al., 2011

Impacto económico

Impactos económicos de las poblaciones introducidas de *Hypostomus* y *Pterygoplichthys* sp. han sido cuantificados para la pesca de tilapia comerciales en Florida y México (Mendoza-Alfaro et al., 2009). Durante el periodo 1993-2006, la captura de tilapia en seis lagos de la Florida se redujo de 45-80% de la captura total de 17-30% de la captura total después de *Hypostomus* y *Pterygoplichthys* sp. se estableció. Al mismo tiempo, la representación de loricáridos aumentó a 11-65% de la captura comercial (Hoover et al., 2014).
La captura de tilapia en un depósito en México disminuyó 83% después de la proliferación de *Hypostomus* y *Pterygoplichthys* sp .. Como resultado, los pescadores individuales gastar un adicional de $ 1400- $ 2600 / año para reemplazar las redes dañadas, trabajar un adicional de 2 h / día, y perder más de $ 29.000 (US) por año. Las pérdidas económicas totales son aproximadamente $ 16.4 millones de dólares: $ 11,63 millones de dólares de pesca comercial (pérdidas en una velocidad, horas de trabajo, los ingresos de la captura, el estado de salud), $ 4,74 millones de dólares de capital natural (calidad del agua, la formación de costas, la fauna nativa), y una cantidad desconocida de efectos sobre el comercio de acuarios (venta de comercio ilegal silvestre *Hypostomus* y *Pterygoplichthys* sp.) (Hoover et al., 2014).

Impacto medioambiental

Impacto en los hábitats

Los túneles creados por *Hypostomus* sp. durante la reproducción puede causar la erosión, la sedimentación y aumento de la turbidez. Quiebra de un banco, el colapso del litoral y terrazas se han observado en México, Texas y Florida, donde la densidad de madrigueras fueron altas (Hoover et al., 2014).
Pasto de *H. plecostomus* puede reducir cultivos permanentes de algas y composición. El pastoreo extensivo puede promover un cambio en la composición de alga de las comunidades de algas verde-dominado a diatomeas (Flecker, 1992) o comunidades de diatomeas dominada a las algas azul-verde (Power, 1984). Impactos resultantes incluyen la calidad del hábitat para los invertebrados y los peces algas-vivienda, y la reducción reducen en las fuentes de alimentos para otros organismos acuáticos pastoreo (Hoover et al., 2014)

Impacto social

Impactos sociales han sido más pronunciada en México, con miles de medios de vida en la cuenca del Balsas afectadas por el colapso de la pesca comercial. El colapso ha impactado en el estado de salud, el desempleo y la emigración, y ha creado los cambios en la estructura del hogar (Mendoza-Alfaro et al., 2009).

Factores de riesgo y el impacto

Mecanismos de impacto

- Monopolizar los recursos - de competencia
- Herbivoría / pastoreo / ramoneo
- Hibridación
- Crecimiento rápido

Resultados de impacto

- Nivel trófico alterado
- Servicios de los ecosistemas dañados
- Cambios en los ecosistemas / alteración del hábitat
- Daños a la infraestructura
- Modificación de las comunidades bentónicas naturales
- Modificación del régimen de nutrientes
- Impacta negativamente acuicultura / pesca
- Afecta negativamente a los medios de vida
- La reducción de los valores recreativos
- Reducción de la biodiversidad nativa
- Acreción de suelos
- Amenaza a / pérdida de especies en peligro de extinción
- Amenaza a / pérdida de especies nativas

Invasividad

- Abundante en su área de distribución
- Los beneficios de la asociación humana (es decir, es un comensal humano)
- Capaz de asegurar y la ingestión de una amplia gama de alimentos
- De rápido crecimiento
- Tiene un amplio rango nativo
- Tiene una alta variabilidad genética
- Tiene un alto potencial reproductivo
- Altamente adaptable a diferentes ambientes
- Es un generalista hábitat
- larga vida
- Invasivo demostrado fuera de su área de distribución natural

Probabilidad de entrada / control de

- Difícil / costoso para controlar
- Altamente susceptibles de ser transportados internacionalmente deliberadamente

Prevención y control.

Conciencia pública

Educación y conciencia pública es primordial para cualquier esfuerzo de gestión para controlar las poblaciones actuales y la liberación adicional de especies introducidas (Hoover et al., 2014). (Hoover et al. (2014) informaron de la existencia de programas de educación en los EE.UU., patrocinado por el Grupo de Trabajo Molestias especies acuáticas, Servicio de Pesca y Vida Silvestre, National Oceanic and Atmospheric Administration, y el Consejo Asesor Mixto del Animal de Compañía, que fomentan los acuaristas no liberar a los peces.

La página web PlecoInvasion (2015) invita al público no liberar a los peces de acuario y asesora sobre la eliminación adecuada de los peces de acuario no deseados y las plantas.

Controlar

Reportaron que la erradicación de grandes y establecidos H. plecostomus poblaciones en gran escala geográfica es probable que tenga éxito; Sin embargo, la supresión de las poblaciones a nivel local puede ser posible mediante el uso de ichthyocides en madrigueras, la eliminación de las masas de huevos y crías, y la eliminación de los peces más grandes por la pesca intensiva (Hoover et al. 2014).

El control físico / mecánico

H. plecostomus se pueden eliminar directamente por la pesca o malla (Hoover et al., 2014).

El control químico

Hoover et al. (2014) propusieron el uso de ichthyocides a un nivel geográfica local para controlar la cría de H. plecostomus en madrigueras.

1.1.2 Introducción en México.

Una de las mayores amenazas para la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales, y para las pesquerías de agua dulce en México, son los llamados peces diablo, también conocidos como plecos, “limpiapeceras” o “limpia-vidrios”. Desde su introducción en los cuerpos de agua epicontinentales del país (ríos, lagos, lagunas, esteros), se han expandido alarmantemente en unos cuantos años. Los plecos, un grupo de especies nativas de la cuenca del Amazonas en Sudamérica, pertenecen a la familia Loricariidae, de la cual se conocen hasta el momento más de 680 especies en el mundo y aún existen varias sin descubrir.

En México, en 1995 se detectaron estos peces por primera vez en el río Mezcala, en la cuenca del río Balsas. Posteriormente, se han registrado en Tecpatán, Chiapas, en la cuenca del río Grijalva, en varias localidades cercanas a Villahermosa Tabasco, principalmente el río Usumacinta y sus vertientes, así como en la presa Infiernillo y en el mismo río Balsas. Durante los últimos tres años, los plecos se han expandido rápidamente y actualmente es común encontrarlos en varias de las cuencas hidrológicas más grandes del país. Este fenómeno se ha caracterizado por una alta tasa de dispersión y una significativa proliferación de sus poblaciones, lo que provoca una súbita abundancia de organismos juveniles, demostrando el establecimiento de sus poblaciones en los nuevos sitios (Fig. 1.7, Anexos).

Las vías de introducción son múltiples. Entre ellas, la más frecuente es el escape al medio silvestre desde las unidades de producción acuícola donde se cultivan y de las instalaciones que utilizan los importadores comerciales, aunque también destaca su introducción como agentes de control biológico, la dispersión natural de las poblaciones y la liberación por coleccionistas, aficionados a los acuarios y pescadores. No obstante, la industria de peces ornamentales se considera la más importante, ya que los loricáridos (familia a la que pertenecen los plecos) representan 5% de los más de 10 millones de peces que son importados anualmente en México. Pero la escasa aplicación de las normas de manejo seguro, sin duda causa la mayor cantidad de escapes no intencionales de granjas acuícolas. En una escala menor, otra ruta de introducción es el denominado “efecto nemo”, que se refiere a la liberación intencional de peces que han crecido y que, al no caber en la pecera, los aficionados a los acuarios, gente bien intencionada pero ecológicamente mal orientada, los deposita en sitios naturales, sin considerar el impacto potencial que pueden tener (Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramirez, P. Koleff, Alvarez y V. Aguilar.2007. Los peces dablos: Especies invasoras de alto impacto. CONOBIO. Biodiversitas 70:1-5).

1.1.3 Llegada a nuestro estado.

El coordinador de Investigación de la Secretaría del Medio Ambiente e Historia Natural, Froilán Esquinca Cano, confirmó que crece la presencia del pez diablo en los ecosistemas de Chiapas, “se trata de una de las especies invasoras que se han vuelto un problema serio y hay que enfrentarlo integralmente”.

El espécimen está en muchas partes del estado, desde 2009 se han presentado evidencias de su introducción al río Usumacinta, pero en los últimos años se ha desplazado hacia muchos afluentes como el río Grijalva; por ello, hay que trabajar en controlar la población con una estrategia que la merme.

Refirió que el pez diablo impacta a los ecosistemas que pueblan los ríos, donde se han perdido especies nativas; “de una tonelada de especies comerciales capturadas se obtienen unos 150 kilogramos para el consumo y 850 kilos de pez diablo”.

Esquinca Cano expuso que se necesita implementar una estrategia integral entre el Sistema Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, y legisladores federales, para analizar el tema de las especies invasoras derivada de los compromisos de las Conferencia de las Partes sobre la Biodiversidad.

Admitió que “es un tema complejo que se tiene que enfrentar en todo el mundo, pero hay asuntos concretos que pueden enfrentarse con gran prioridad porque pueden dañar a los ecosistemas y a los sectores estratégicos como la actividad pesquera”.

Refirió el especialista que la invasión de este ejemplar, es un problema global que demanda estrategias concretas y puntuales; así como la aplicación de recursos federales para enfrentarlo conjuntamente con el turismo, pesca, agricultura y la parte forestal.

Puntualizó que se identifican grupos de trabajo estratégicos que permitan delinear estrategias que acompañen a los procesos integrales de atención al problema, pero que demanda la aplicación de recursos federales; en varios países atacan a las especies invasoras con resultados muy positivos.

Concluyó que la estrategia deberá partir de un mapeo para conocer las zonas más críticas, la integración de los equipos de trabajo, investigación y colaboración con el sector pesquero, para proteger la actividad, de las más relevantes para la economía del estado (I. López, Heraldo de Chiapas, 24 de Feb.2017).

1.1.4 Problemas ocasionado por el pez diablo.

Un ejemplo de los estragos causados por estos peces es la devastación de la otrora más importante pesquería de agua dulce de México (incluso, alguna vez fue reportada como la más importante de Latinoamérica), la de tilapias y carpas en la presa de Infiernillo, que llegó a registrar producciones de cerca de 20 mil toneladas al año. Construida entre 1962 y 1963 con el objeto de generar energía eléctrica, esta presa comenzó a funcionar en 1964. Diversas especies nativas la habitaban, como Cichlasoma istlanum, Hybopsis boucardi, Ictalurus balsanus, Poeciliopsis balsas, Atherinella balsana, Astyanax mexicanus e Ilyodon whitei, pero en 1969 se introdujeron algunas especies exóticas, cuatro de tilapia (Oreochromis mossambicus, O. aureus, Tilapia rendalli y T. zillii) y cuatro de carpas (Cyprinus carpio var. espejo, Ctenopharyngodon idella, Captura incidental de plecos y redes dañadas por éstos. Hypophtalmichthys molitrix y Mylopharyngodon piceus), para brindar alternativas económicas a las comunidades de los alrededores. En 1970 inició la pesquería comercial y pronto se constituyó en la principal actividad de 119 comunidades alrededor de la presa (79 de Michoacán y 40 de Guerrero). En particular, las tilapias exóticas fueron la fuente más importante de recursos económicos, sobrepasando las ganancias de las actividades agrícolas en la región. Sin embargo, un manejo inadecuado (incluyendo la pesca de individuos juveniles antes de que alcanzaran su madurez reproductiva y la sobrepesca), así como la contaminación, condujeron al descenso gradual en la pesquería. Notablemente, un aspecto que agravó la situación de esta importante actividad fue la presencia de los plecos. En la actualidad, entre 70 y 80% de la captura de tilapia se ha sustituido por al menos tres especies de plecos y algunos probables híbridos, lo que significa pérdidas por un monto aproximado de 36 millones de pesos al año, y un costo social importante al dejar desempleados o subempleados a 3 600 pescadores, que con los procesadores y sus familias suman 46 mil personas. Los plecos son muy comunes en el comercio de peces de ornato en Norteamérica, y es muy probable que su introducción en la presa sea el resultado de continuos escapes de las granjas que los cultivan o los mantienen en las partes altas de la cuenca del río Balsas (Fig.1.8, Anexos). En las redes de pesca causan severos daños, al grado que los pescadores tienen que desecharlas; además, representan una amenaza para la salud, ya que lo que se pesca es abandonado en las orillas, descomponiéndose al aire libre. Otra de las implicaciones sociales que ha traído consigo el severo descenso de esta pesquería es la migración de jóvenes hacia los Estados Unidos (Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez, P. Koleff, Álvarez y V. Aguilar.2007. Los peces diablos: Especies invasoras de alto impacto. CONOBIO. Biodiversitas 70:1-5).

1.2 Ejemplos de especies invasoras.

En las últimas décadas, podemos encontrar numerosos episodios de introducciones intencionadas de especies con fatales consecuencias, como el ocurrido en la década de los 60 con la introducción de la Perca del Nilo en África, concretamente en el Lago Victoria, considerada la segunda reserva más grande de agua dulce del mundo. Este lago, que contaba con una cantidad enorme de especies autóctonas, sufrió la extinción de más de 200 especies de peces tras la entrada de la Perca del Nilo.

Las continuas sueltas de Gambusia, un pequeño y aparentemente inofensivo pez de aguas dulces, salobres e hipersalinas introducido por liberaciones ilegales de la acuariofilia, son otro ejemplo de ello. La Gambusia, voraz depredador, come las puestas de peces con valor económico y depreda especies autóctonas de peces e invertebrados actualmente en peligro de extinción. La Gambusia es difícil de erradicar una vez que se ha establecido, por lo que la mejor manera de reducir su impacto es controlando su expansión indiscriminada.

Lamentablemente, hoy en día las especies exóticas invasoras son la segunda causa de amenaza y extinción de especies, precedida tan sólo por la pérdida de hábitat. Los genes, especies y ecosistemas que conforman la diversidad biológica del planeta son imprescindibles y su degradación y desaparición disminuye la riqueza del medio natural. No sabemos cómo estimar qué especies son esenciales para el funcionamiento de un ecosistema, cuáles son superfluas y cuáles serán las próximas que prosperarán con los cambios que ocurren en el mundo pero es evidente que todas tienen derecho a existir y a tener su sitio. El problema surge cuando estas especies no sólo llegan a nuevos hábitats, sino que además son capaces de sobrevivir, reproducirse y desplazar a especies autóctonas, es entonces cuando hablamos de especies invasoras. Especies invasoras que a su vez carecen de depredadores que controlen la población de las mismas.

Existe la lista de las “100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo”, elaborada por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI) de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), con el fin de concienciar sobre la complejidad, importancia y consecuencia de las especies exóticas invasoras.

Algunos otros ejemplos de especies invasoras introducidas ya en México son el pez león (*Pterois volitans*), la estrella de mar japonesa (*Asterias amurensis*) y las larvas de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*). El pez león es una especie venenosa muy popular entre los acuaristas. Su escape de los acuarios se detectó en 2001 en la costa Atlántica de Estados Unidos y en 2009 se registró en el Caribe mexicano. *"La invasión del pez león es probablemente el peor desastre ambiental que debe enfrentar el Atlántico*", dijo Graham Maddocks, presidente y fundador de la *Ocean Support Foundation.* Al no ser una especie nativa, el pez león es especialmente peligroso para el ecosistema, porque los peces originarios del Atlántico no tienen ese instinto natural para mantenerse alejados de ese depredador (Fig. 1.9, Anexos).

La estrella de mar japonesa (*Asterias amurensis*) se encuentra en la lista de las 100 especies invasoras consideradas como más dañinas a nivel mundial. Se alimenta de una gran variedad de presas. Una vez que se establece es muy difícil erradicarla por el gran tamaño de sus poblaciones (Fig. 2.0, Anexos).

Por último, las larvas de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*), una especie que amenaza las diversas especies de nopales y los ecosistemas áridos y semiáridos y las nopaleras de México, apareció a finales de los años 80, es un importante depredador, que era utilizado como control de las plagas en Australia y África (Fig. 2.1, Anexos).

Conseguir impedir o al menos reducir esta serie de introducciones de especies, implica la actuación conjunta de varios factores, desde el control de la plaga ya establecida y la elaboración de catastros de especies actuales que habitan en cada ecosistema, hasta la sensibilización de la ciudadanía, pasando por supuesto por la implantación y ejecución de un potente marco regulatorio y político a nivel internacional, que plantee estrategias comunitarias y aporte las herramientas necesarias para reducir considerablemente el impacto de estas especies invasoras sobre la biodiversidad mundial.

1.2.1 Ejemplos de alternativas de combate de especies invasoras.

En la región, no hay un consumo directo por el humano, a pesar de que en Brasil, Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador, Argentina y Bolivia son consumidos frescos y fresco-congelados. Incluso, en Brasil este bagre es el segundo pez en la selección de los consumidores después del robalo por la excelente calidad de su carne, llegando a competir en precio con la tilapia y 15 están protegidos por vedas estrictas, pues la pesca ha provocado su disminución. (Martínez-Palacios et al. 2010), por lo cual actividades de concientización, difusión y educación culinaria podrían convertirlo en un recurso potencial de explotación y de esta manera reducir su impacto en México.

La invasión de los peces diablo requiere de acciones inmediatas. Como actualmente los plecos de tamaño relativamente grande (maduros) no tienen ningún valor económico y no son aceptados como alternativa alimenticia por los pescadores, debemos buscar opciones, desde la investigación aplicada, para su manejo e incluso su control, que lleve a erradicarlos. En Infiernillo, se han emprendido esfuerzos para tratar de desarrollar un subproducto con valor agregado, como la harina de pescado, capaz de usarse como alimento en granjas acuícolas o como fertilizante. Aunque no debemos olvidar que el fomento a la investigación para desarrollar tecnologías adecuadas y el impulso al uso de especies nativas, nos llevará hacia la conservación de nuestros recursos. Sin duda, se debe continuar con la difusión del problema que representan estas especies. Todas las unidades de producción acuícola en las que se cultivan especies exóticas, y en particular en aquellas en las que se producen peces ornamentales, deberían realizar un análisis de riesgos, para prevenir posibles rutas de escape accidental. De forma que se tomen todas las medidas necesarias para reducir las probabilidades de que una especie potencialmente nociva se disperse. Si te gustan los acuarios y, en particular, los peces exóticos, adquiere tus ejemplares en sitios certificados, de manera que no se promueva un tráfico ilegal de peces criados o capturados en medios naturales; y si crecen demasiado y no encuentras un acuario que los cambie por otros de tamaño pequeño, congélalos y después deséchalos. Todas las especies exóticas que llegan a un nuevo hábitat donde no hay competidores ni depredadores con los que hayan coevolucionado, pueden encontrarse frente a una posibilidad única de establecerse y dispersarse casi sin límites, sobre todo cuando existen condiciones climáticas similares a las de su hábitat natural. La prevención será siempre menos costosa, en términos ambientales y económicos, que cualquier actividad de manejo, control o erradicación (Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramirez, P. Koleff, Alvarez y V. Aguilar.2007. Los peces dablos: Especies invasoras de alto impacto. CONOBIO. Biodiversitas 70:1-5).

1.2.1 Resultados de alternativas.

La erradicación ha sido mencionado como una alternativa de solución (Mendoza et al., 2007; Convocatoria SAGARPA-CONACyT 2009).

Sin embargo, desde el punto de vista de los autores, eso es virtualmente imposible, ya que esto impráctica y costosa, dado el gran número de cuencas invadidas actualmente, y e éxito ecológico en la ocupación de hábitats por parte de estas especies. Por otra parte, es fundamental aprender de las experiencias vividas en otras partes del mundo, en las que se ha intentado la erradicación de especies invasivas, como los casos de la perca del Nilo (*Lates niloticus*) en el lago Victoria (Fig.2.2, Anexos) y de la mojarra (*Cicla ocellaris*) en el lago Gatún en Panamá (Fig.2.3,Anexos). En tales casos, solo la explotación y consumo han reducido las poblaciones de estos invasores en sus respectivos cuerpos de agua.

Por tanto, parece claro que el camino a seguir para el control de especies exóticas, en nuestro caso los bagres armados, no es la eliminación, sino su utilización para el consumo humano, como ocurre en muchos países latinoamericanos. Lo anterior traería como consecuencia un control de estos organismos y hasta una posible eliminación de los mismos de los diferentes cuerpos de agua que han invadido. De hecho en el caso mencionado de la perca del Nilo en el Lago Victoria, sus “stocks” se han visto reducido gracias a la pesca. Otro ejemplo es Brasil donde un plato de esta especie puede llegar a costar USD 40.

Tras la alarma por la invasión de los bagres armados tanto en el embalse “El infiernillo”, como en otras cuencas de Mexico, un gripo multidisciplinario de investigadores de 10 universidades y centros de investigación tanto nacionales como internacionales, apoyados por el Fondo Mixto CONACyT-Gobierno de Michoacan y coordinados por el Dr. Carlos A. Martinez Palacios, plantearon buscar soluciones. Se hizo bjo diferentes perspectivas, principalmente enfocadas a su utilización integral como alimento para consumo humano y animal.

Los investigadores concluyeron que estos peces no pueden ser fácilmente eliminados, como se había planeado en diversas instancias, y que por el contrario, es posible ofrecer alternativas para la generación de una nueva pesquería basada en la alta calidad nutritiva y el excelente sabor de carne de esta especie.

2. Justificación y Objetivo general del proyecto.

Justificación

Una vez ya analizada la información y los antecedentes que se encontraron se puede entender la problemática que tiene la introducción de una especie exótica invasiva a un ambiente diferente al que es originario, debido a la falta de competencia en su alimento con otras especias endémicas, así como la carencia de depredadores que lo amenazan, y su fácil adaptación debido a la similitud de clima y flora, hacen prolifero su crecimiento y desarrollo poblacional, poniendo en peligro a las otras especies originarias de la zona, afectando la biodiversidad y llevándolas a la desaparición, llevando este problema no solo en panorama ecológico sino en lo económico y social, debido a que muchas personas en el estado dependen de la pesca de otras especies para obtener su sustento económico.

Objetivo general

Procesar industrial e integralmente el pez diablo (*Hypostomus plecostomus*), para su control poblacional.

Objetivos específicos

- Documentar bibliografía referente al tema.
- Obtener la materia prima (pez diablo fresco proveniente de playas de catazajá).
- Obtener la harina del pez diablo (fraccionamiento del pez, cocción, prensado, secado, molienda).
- Caracterizar la harina de pez diablo (Análisis proximales).
- Propuesta de tecnología de proceso (Diagrama de flujo)
- Seleccionar los equipos de proceso y servicios auxiliares.
- Realizar los balances de materia y energía del proceso.

3. Características de harina de pescado.

En todo el mundo la elaboración de harina de pescado se lleva a cabo a partir de muy diferentes tipos de materias primas, lo que influye sobre la composición del producto final. Algunas harinas de pescado están basadas en subproductos y vísceras procedentes de la industria de consumo humano (harinas de pescado blanco) y presentan típicamente un bajo contenido en proteína y grasa y un alto contenido en cenizas. Otras están basadas en subproductos de otras industrias de pescado y en consecuencia son muy variables en su composición. Por último, algunas harinas de pescado están basadas en la pesca a escala industrial. En estos casos, se utiliza el pescado entero para la producción de las harinas. Estas harinas tienen un mayor contenido en grasa pero, aun así, existe una gran variación en el contenido de proteína y cenizas, según las distintas procedencias. En el cuadro 1 se exponen algunos datos analíticos típicos. (Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad, P. Sandbol, 1993).

Cuadro 1. Análisis proximal (%) y contenido energético de diferentes tipos de harina de pescado (FAO, 1986).

	Harina de pescado blanco	**Harina de pescado tipo arenque**	**Harina de pescado tipo sudamericano**
Humedad	10,0	8,0	10,0
Proteína bruta	65,0	72,0	65,0
Grasa bruta	5,0	9,0	9,0
Cenizas brutas	20,0	10,0	16,0
EM, MJ/kg aves	12,1	14,0	13,2
ED, MJ/kg credos	15,6	18,5	16,8
EM, MJ/kg rumiantes	13, 6	16,4	13,1

Captura y conservación.

Una de las conclusiones de los programas daneses de investigación y desarrollo, es que la frescura de la materia prima es muy importante para los rendimientos de los animales. Sobre este particular hay que decir que el método de captura tiene una influencia escasa o nula. Durante la elaboración de la harina y el aceite de pescado según criterios industriales de pesca, el rendimiento normal es de un 22% de harina, un 6% de aceite y un 72% de agua.

Sin embargo, la conservación de las materias primas desde el momento de la captura hasta su procesado es extremadamente importante. Si las materias primas no son conservadas adecuadamente, se van a dar diferentes tipos de degradación.

Un deterioro rápido es debido a la acción de bacterias bien desde la superficie o bien desde el tracto digestivo. La descomposición autolítica debida a la acción enzimática en los tejidos y en el tubo digestivo también es importante. La degradación bacteriana y autolítica provoca la descomposición de las fracciones lipídica y proteica.

Existen diferentes métodos de conservación. Por ejemplo, en algunos países se practica la conservación química con nitritos. Estos deben usarse en cantidades estrictamente controladas ya que, de otro modo, pueden reaccionar con otros componentes de las materias primas y formar nitrosaminas carcinógenas.

Alternativamente se puede usar la refrigeración como sistema de conservación. Un método es el sistema RSW (Recirculated Salt Water) en el que la recirculación de agua salada es utilizada para enfriar el pescado. Sin embargo, un almacenamiento prolongado bajo esas condiciones provoca que la harina de pescado presente un alto contenido en sal.

Otro método está basado en la mezcla de hielo de agua dulce y pescado en la proporción adecuada. Usado correctamente, este método es muy eficaz ya que mantiene el pescado fresco a 0 º C durante un largo período. Se debe mezclar un 30% de hielo con el pescado. (Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad, P. Sandbol, 1993).

Proteínas

Sorprendentemente, el conflicto más frecuente se centra en el contenido en proteínas. Esto resulta anormal dado que existen métodos de análisis y medidas de control propio claramente establecidos, que deberían evitar muchas de las reclamaciones. Es muy típico el caso de que un laboratorio sea incapaz de determinar el mismo contenido en proteína garantizado por otro laboratorio

En la práctica, se determina el contenido en nitrógeno y luego se multiplica por el factor 6,25 para calcular el contenido en proteína. Este factor está basado en el supuesto de que la proteína contiene un 16% de nitrógeno. En realidad las proteínas se componen de aminoácidos y resulta muy dudoso que una proteína natural pueda ajustarse a este modelo promedio.

La tirosina, por ejemplo, contiene un 8,6% de nitrógeno y la arginina un 35,9% (Boisen et al, 1987). Los respectivos factores de conversión son 11,63 y 2,79%. Sin embargo, se acepta generalmente que 6,25 es el factor que debe usarse y esto explicaría por qué la suma mencionada anteriormente debe estar entre 100 y 103. (Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad, P. Sandbol, 1993).

Humedad

El contenido en humedad de una harina de pescado debe estar entre el 4 y el 10%. El límite inferior debe respetarse para poder asegurar que el exceso de secado no provoca ningún daño en las proteínas. En el caso de harinas de pescado de calidad especial, el nivel mínimo de humedad ha sido establecido en un 6% como medida extra de seguridad. El límite superior es para garantizar que la actividad del agua libre está por debajo del nivel de crecimiento de mohos y bacteria. (Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad, P. Sandbol, 1993).

Fibra

Como ya se ha mencionado, la harina de pescado no contiene fibra. El análisis de 27 muestras de nuestros propios productos mostró un contenido medio de un 0,3% ± 0,16. El valor mínimo fue del 0% y el máximo del 0,8%. Se han reportado valores de hasta un 3,7% en harinas de pescado exóticas.
Un contenido de hasta el 1,0% no debe ser motivo de preocupación. La falta de fiabilidad en el método de análisis puede dar como resultado cifras ligeramente positivas, pudiéndose detectar pequeñas cantidades de fibra de origen natural. Esta fibra proviene de las presas ingeridas que se encuentran en el contenido del estómago de los peces (por ejemplo, krill) y de los crustáceos presentes entre el pescado capturado. Hasta cierto punto, los restos de crustáceos pueden incluirse en el procesado de la harina, obteniéndose así cierto contenido en fibra.

En este caso, la fibra encontrada proviene de componentes quitinosos. Niveles superiores de fibra pueden deberse a altas concentraciones de restos de crustáceos o bien a productos directamente adulterados. (Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad, P. Sandbol, 1993).

Grasa

En las harinas de pescado, la grasa es una buena fuente de energía. En muchos tipos de harina se garantiza frecuentemente un máximo del 10-12%. Contenidos más elevados pueden causar problemas de fluidez. De todos modos, estas concentraciones no deben ser motivo de preocupación, siempre que el producto haya sido tratado correctamente con un antioxidante.

No es posible controlar la cantidad de antioxidante añadido en el momento de la llegada del producto al comprador, ya que una cierta cantidad del mismo habrá sido utilizada para proteger la grasa. La medida de los valores de peróxidos y anisidina puede resultar interesante, pero los problemas con la fiabilidad de los

métodos analíticos (extracción) hacen que los resultados no resulten de confianza. (Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad, P. Sandbol, 1993).

Cenizas

El contenido en cenizas de las harinas de pescado tiene una gran variabilidad. Se han reportado niveles entre un 9 y un 45% en todo el mundo pero pueden incluso detectarse niveles más bajos si la fracción ósea ha sido extraída. En general, las cenizas de las harinas de pescado se componen de macro y micro elementos aunque se dan algunas variaciones entre diferentes tipos de harina, dependiendo del tipo de materia prima. En el caso de los macro elementos, las diferencias típicas se dan en cloruros, calcio y fósforo.

Los cloruros de las harinas de pescado se expresan normalmente como sal. En general, la concentración máxima garantizada es del 3%. Se han descrito niveles por debajo del 1% y de hasta el 7%. Las diferencias se deben principalmente a la distinta salinidad del agua en las áreas de pesca y a los métodos de conservación. No son deseables unos niveles altos. En el caso de las dietas destinadas a acuicultura, en las que la harina de pescado es un ingrediente mayoritario, un alto contenido en sal puede causar problemas de regulación osmótica.

Las altas concentraciones de calcio y fósforo también pueden ser indeseables en dietas para peces. Generalmente, los peces son capaces de satisfacer las necesidades de calcio por medio de la absorción a través de las branquias que funcionan a modo de embudo para el calcio del pienso. Con un 50% de harina de pescado en el pienso y una concentración de alrededor de un 2% de fósforo en la harina es suficiente para cubrir las necesidades. (Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad, P. Sandbol, 1993).

3.1 Obtención de harina del pez diablo (*Hypostomus plecostomus*).

El proceso de elaboración de harina de pescado consiste básicamente en la separación de los tres componentes principales de la materia prima: agua, aceite y sólidos, lo más completamente posible, con el objeto de obtener un producto estable, concentrado en proteínas y con niveles de agua que no permitan el desarrollo microbiano. Existen varios métodos de elaboración o "reducción" posibles pero en este trabajo se presenta detalladamente el método más utilizado en el mundo, conocido como **"prensado húmedo".**

Este sistema se basa en una cocción y prensado de la materia prima y posterior secado y molido de la torta obtenida. Para ello se utilizan equipos especialmente diseñados, modificando ciertas variables del proceso de acuerdo a la materia prima utilizada a fin de optimizar el rendimiento y calidad del producto final. En el diagrama de flujo de la figura 2 se presentan esquemáticamente las distintas etapas del proceso y por otro lado, en la figura 3, se muestra un balance de masa a lo largo del mismo donde se observa que el rendimiento en harina es del orden del 20%, dependiendo principalmente de la composición y condiciones de la materia prima de la que se parta.

3.2 Actividades para la obtención de harina de pez diablo (*Hypostomus plecostomus*).

Para la obtención de harina se trató de semejar lo más posible a las operaciones que se realizan y a las condiciones en que operan los diferentes equipos de proceso.

1. Recepción y posterior almacenamiento del pescado a -4 °C en un congelador.

2. Trituración o seccionamiento del pescado.

3. Cocción del pescado durante 1 hr. a 100 °C.

4. Prensado y filtrado del pescado ya cocido.

5. Secado del pescado a 90 °C durante 4 hr. continuas.

6. Molienda del pescado ya seco, mediante una licuadora industrial.

7. Tamizado de harina.

3.2.1 Obtención de materia prima.

La materia prima se obtuvo directamente de playas de catazajá, el municipio se ubica en la Llanura Costera del Golfo, siendo terreno uniformemente plano, sus coordenadas geográficas son 17º 44" N y 92º 01" W de nuestro estado de Chiapas. Limita al norte este y oeste con el Estado Tabasco y al sur con Palenque. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, la cabecera municipal tiene una temperatura media anual de 26.4°C.

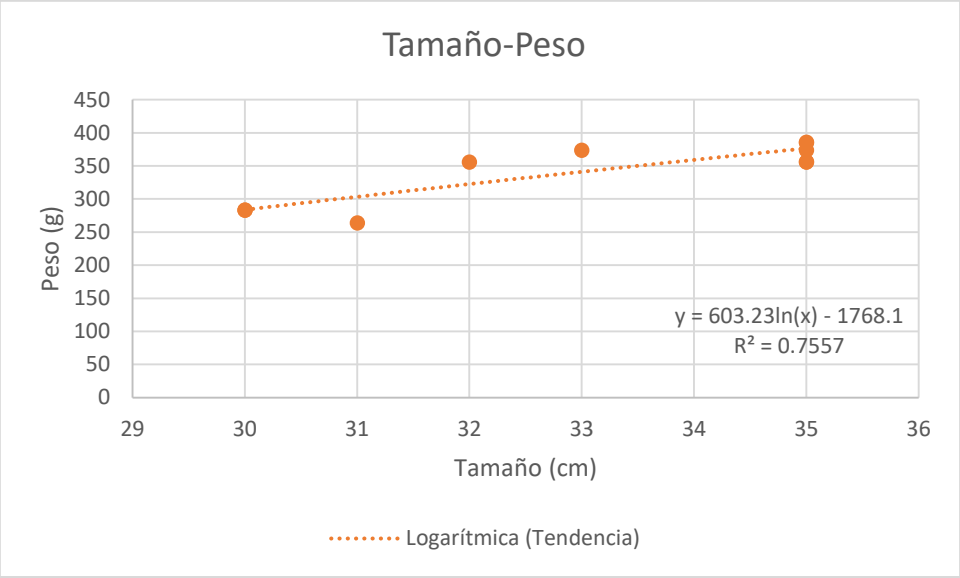
Una vez obtenida la materia prima necesaria del lugar antes mencionado se procedió a guardarlo en recipientes térmicos con hielo para evitar su descomposición y daño a la calidad del pescado, así de esta manera fue transportado hasta el Instituto Tecnológico Nacional ubicado en Tuxtla Gutiérrez, una vez recibida la materia prima dentro de las instalaciones se procedió a guardarla dentro de un congelador a una temperatura aproximada de -4 °C para así evitar cualquier actividad microbiana y su pronta descomposición, de esta manera nos podrá ser útil para su posterior procesamiento.

3.2.2 Seccionamiento del pez diablo.

Con la materia prima ya obtenida y almacenada, se da inicio al procesamiento para la obtención de la harina de pescado del pez diablo, en la primera etapa, es necesario conocer las características de nuestras materias primas, como su tamaño y peso también es conveniente conocer la composición del pescado en base a su cantidad de carne, viseras, hueso y piel. Para conocer esta información se tomó una muestra de tamaño 10 completamente al azar, para medir peso y tamaño, con lo cual se obtuvo el siguiente resultado:

Pescado	Tamaño (cm)	Peso (g)
1	31	263.8
2	30	283.22
3	30	283.39
4	32	355.85
5	35	356.03
6	35	356.4
7	35	373.65
8	33	373.73
9	35	385.45
10	35	385.83
Media	33.1	341.735
Desviación estándar	2.183269719	46.44981575

Con esta información se puede saber si existe una relación entre el tamaño y el peso de los pescados y que tendencia siguen estos datos:



Se tiene como resultado que los datos tienen un comportamiento logarítmico y una correlación de 0.7557.

Para conocer la composición de carne, vísceras, hueso y piel del pescado, se tomó otra muestra de tamaño 10 completamente al azar. Para conocer esto se cortó el pescado, se separó en carne, vísceras, piel, huesos, y se obtuvo como resultado lo siguiente:

Pescado	Peso total(g)	Carne(g)	Hueso y piel (g)	Vísceras
1	355	88	197	70
2	358	69	191	98
3	413	96	239	78
4	450	91	251	108
5	452	43	286	123
6	405	90	248	67
7	335	64	191	80
8	251	51	164	36
9	323	79	164	80
10	195	38	99	58
Media	353.7	70.9	203	79.8

Dividiendo los pesos de las distintas partes obtenidas, entre el total del peso de cada uno de los pescados, la composición porcentaje de los pescados.

Pescado	Carne (%)	Hueso y piel (%)	Vísceras (%)
1	24.78873239	55.49295775	19.71830986
2	19.27374302	53.35195531	27.37430168
3	23.24455206	57.86924939	18.88619855
4	20.22222222	55.77777778	24
5	9.513274336	63.27433628	27.21238938
6	22.22222222	61.2345679	16.54320988
7	19.10447761	57.01492537	23.88059701
8	20.3187251	65.33864542	14.34262948
9	24.45820433	50.77399381	24.76780186
10	19.48717949	50.76923077	29.74358974
Media	20.26333328	57.08976398	22.64690274
Desviación estándar	4.33710435	4.968411125	5.059002926

3.2.3 Cocción

La siguiente etapa es la cocción, para la cocción se tomaron tres pescado de (Fig. 2.4, Anexos), los cuales fueron cortados previamente y pesados manera individual, esta etapa resulta muy importante ya que en esta se logra separar los que es la carne, piel y hueso, así como sangre, grasa y buena parte de contenido de agua en el pescado, la cocción se puede realizar de diferentes maneras pero, se trató de emular a como se realiza en una caldera con sistema de fusión continua en seco (Fig. 2.5, Anexos), esta se calienta mediante vapor sin entrar en contacto directo manteniendo una temperatura alrededor de 100 °C (Fig. 2.6, Anexos) en un tiempo de una hora cada uno respectivamente, sin superar los 100 °C, a esta temperatura la proteína contenida en la carne se coagula y se separa de los hueso más fácilmente, también se libera la grasa y el agua contenida en el pescado.

Observaciones.

El tiempo de cocción de había determinado en primer punto en media hora, (Fig. 2.7, Anexos) tal como lo marcan algunos autores, pero después de ese tiempo transcurrido no se observó una buena cocción por lo cual se optó por dejarlo media hora más, con lo cual se obtuvo un mejor resultado (Fig. 2.8, Anexos).

Pescado	Peso antes de cocción (Kg)
1	0.34542
2	0.26153
3	0.29717

También se pesó el pescado después de la cocción y se midió la cantidad de líquidos liberada entre grasa y agua, lo cual dio los siguientes datos:

Pescado	Peso después de cocción (Kg)	Líquidos liberados (ml)
1	.30286	33.6
2	.22131	40.2
3	.24482	44.6

Observaciones: Después de la cocción se liberó una buena cantidad de líquidos, entre sangre, grasa, agua y pequeñas cantidades de carne que se desprendió de igual manera en el pescado haciendo este líquido de apariencia un poco espesa y grasosa.

Con estos datos podemos determinar la densidad de los líquidos liberados de la cocción.

Pescado	Diferencia de peso inicial- peso final (Kg)	Líquidos liberados (m3)	Densidad de líquidos liberados (Kg/m3)
1	.04256	33.6 x10^-6	1266.66
2	.04022	40.2x10^-6	1000.49
3	.05235	44.6^-6	1173.76
Media			1146.97

3.2.4 Pre- estruje y prensado.

El pre- estruje y prensado sirve para eliminar la mayor cantidad de agua y grasa posible, este líquido también va acompañada de sangre y pequeñas cantidades de la carne del pescado, en la industria la grasa o aceite tiene un valor por lo cual los líquidos llamados de “cola” son posteriormente separados y clarificado para su posterior venta, es así como esta etapa ayuda a la eliminación de agua lo cual nos ayuda en la siguiente operación, la cual es el secado y también a la obtención del aceite de pescado. El método por el cual se prenso el pescado ya cocido fue mediante el aplastado, por medio de un mortero (Fig.2.9, Anexos) y fue exprimido mediante charolas tratando de eliminar la mayor cantidad de líquidos posibles.

Los datos obtenidos después del prensado fueron los siguientes:

Pescado	Peso (Kg)	Liquido de cola (ml)
1	0.23036	63.21
2	0.1407	70.28
3	0.18751	49.96

3.2.5 Secado.

El secado es una parte fundamental en el proceso de elaboración de la harina ya que constituye la etapa con mayor demanda de energía, por lo cual se debe de conocer el tiempo mínimo necesario de secado para economizar el consumo de energía, por otra parte se debe de garantizar un buen secado ya que de esto dependerá la buena molienda y la consistencia y apariencia de la harina.

En el proceso de secado retiramos la humedad contenida en el pescado hasta llegar al punto de humedad en equilibrio, varios son los factores que afectan al secado, algunos más importantes son la temperatura de secado, la cual nos marca la literatura que se debe de encontrar entre 90 °C y 100, también la humedad en el medio ambiente y el área o superficie de secado son necesarios ser tomados en cuenta.
El secado se realizara en un secador por lotes de bandejas, mediante uso de aire caliente, a una temperatura de 90 °C aproximadamente, con charolas de aluminio de tamaños estándar (Fig.3.0, Anexos), se llevara un monitoreo del tiempo y el peso de los pescado durante el secado para posteriormente poder determinar la curva de secado.

3.2.5.1 Obtención de curva de secado.

Para reducir el contenido de humedad en el secado de diversos materiales de proceso, por lo general se estima el tamaño del secador necesario, las diferentes condiciones de operación de humedad y la temperatura del aire empleado, y el tiempo necesario para lograr el grado de secado. No es posible predecir el contenido de humedad de equilibrio de diversos materiales, por lo que es necesario determinarlo por vías experimentales. De la misma manera, puesto que el conocimiento de los mecanismos básicos de las velocidades de secado es bastante incompleto, en muchos casos es indispensable obtener algunas mediciones experimentales de las velocidades de secado.

Para determinar experimentalmente la velocidad de secado de un material, se procede a colocar una muestra en una bandeja. Si se trata de material sólido se debe llenar por completo la base de la bandeja, de manera que sólo quede expuesta a la corriente de aire de secado la superficie de dicho sólido. La pérdida en peso de humedad durante el secado puede determinarse a diferentes intervalos sin interrumpir la operación, colgando la bandeja de una balanza adaptada a un gabinete o a un ducto a través del cual fluye el aire de secado.

Al realizar experimentos de secado por lotes, deben tomarse ciertas precauciones para obtener datos útiles en condiciones que se semejen lo más posible a las que imperarán en operaciones a gran escala. La muestra no debe ser demasiado pequeña y se debe introducir en una bandeja similar a la que se usará en producción.
La relación entre superficie de secado y superficie de no secado (superficie aislada) así como la profundidad del lecho del sólido debe ser similar. La velocidad, la humedad, la temperatura y la dirección del aire deben ser las mismas y constantes para simular un secado en condiciones constantes.

Con los puntos previos ya conocidos se da paso a la experimentación para la obtención de la curva de secado del pez diablo.

Los datos o información previa es la siguiente:

Temperatura de secado: 90 ºC

Temperatura ambiente: 34 °C

Humedad relativa: 40%

El peso inicial de los pescados:

Pescado	Peso (Kg)
1	0.23036
2	0.1407
3	0.18751

Peso de las charolas:

Charola	Peso (Kg)
1	.16191
2	1.5237
3	.16973

Las mediciones en los cambios de peso para cada uno de los pescados fueron tomados cada media hora, el procedimiento para cálculos fue el siguiente:

1. Medición de peso de los pescados cada media hora
2. Se siguió tomando las diferencias de pesos hasta que ya no ocurriera una diferencia significativa entre los pesos medidos (decimas de diferencia), es decir hasta tener como resultado un valor casi constante, una vez llegado a ese tiempo se puede considerar que se encuentra en equilibrio la humedad del sólido, el tiempo en este caso fue de 4 horas.
3. Calcular y graficar la humedad libre encada pescado de la siguiente manera:
    - Medición de peso de cada uno de los pescados con charola.
    - Restar el peso anteriormente obtenido el peso de la charola.
    - El valor obtenido anteriormente representa el sólido seco más agua, si se realiza la diferencia de cada uno de los valores con su valor anterior a través del tiempo, se obtiene la cantidad de agua removida a través del tiempo.
    - La suma de los valores anteriores representa la cantidad total de agua removida del sólido.
    - Al valor de agua total removida se resta la cantidad de agua removida a diferentes tiempos, estos valores representan la cantidad de agua total removida a través del tiempo.
    - Con los valores de solido seco más agua a diferentes tiempos, se le resta los valores de la cantidad de agua totales removido en

diferentes tiempos, así se obtiene el valor de solido seco, el cual será constante en diferentes tiempos.

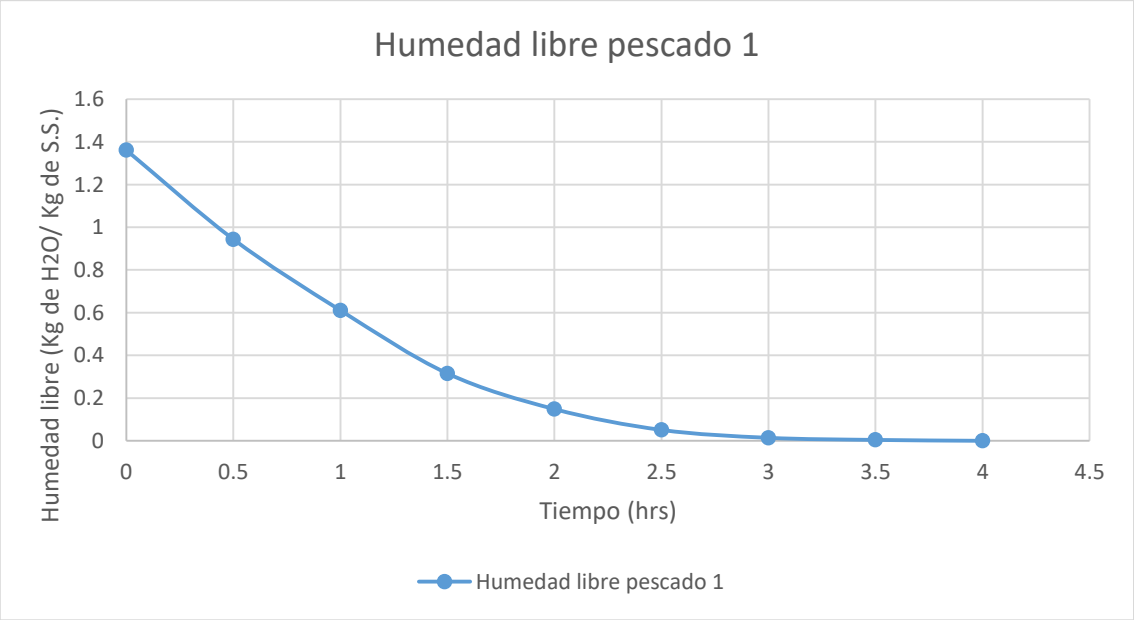
- Para obtener la cantidad de humedad libre se divide la cantidad de agua total removida a través del tiempo entre la cantidad de solido seco, estos valores estarán dados en $\frac{Kg\ H2O}{Kg\ s.s.}$.
- Graficar los valores de humedad libre a través del tiempo.

Resultados:

Pescado 1

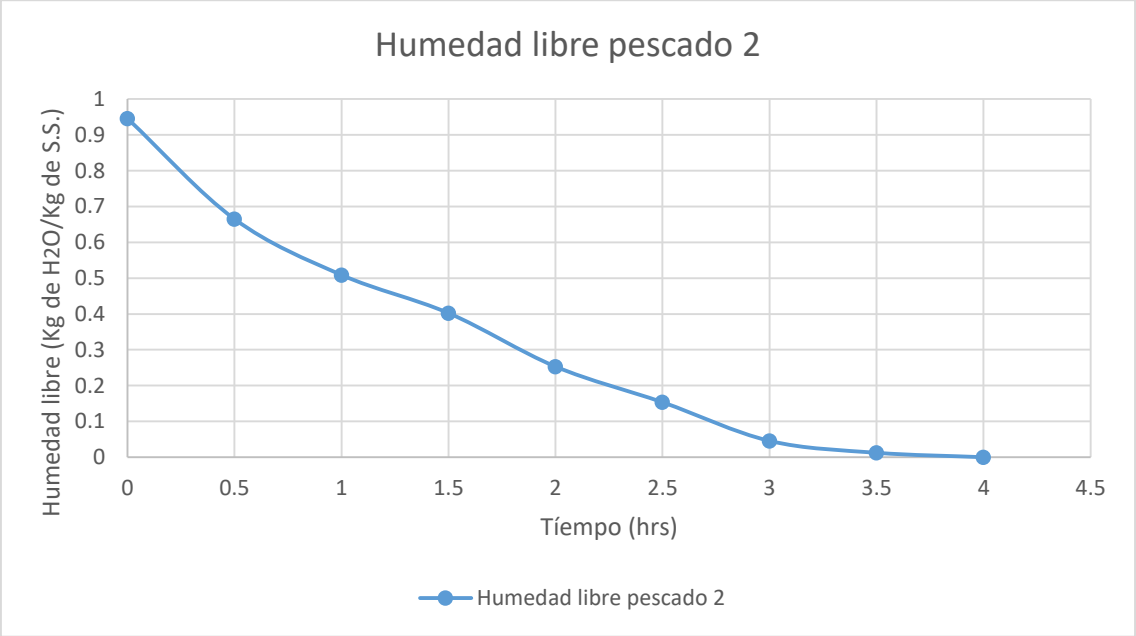
Tiempo (hora)		kg Charola + aluminio + sólido seco + agua	kg sólido seco + agua	kg agua	kg agua inicial	kg sólido seco	kg agua inicial/ kg sólido seco
T0	0	0.39227	0.23036	-	0.13279	0.09757	1.36097161
T1	0.5	0.35156	0.18965	0.04071	0.09208	0.09757	0.943732705
T2	1	0.31909	0.15718	0.03247	0.05961	0.09757	0.610945987
T3	1.5	0.29025	0.12834	0.02884	0.03077	0.09757	0.315363329
T4	2	0.27396	0.11205	0.01629	0.01448	0.09757	0.148406272
T5	2.5	0.26445	0.10254	0.00951	0.00497	0.09757	0.050937788
T6	3	0.26084	0.09893	0.00361	0.00136	0.09757	0.013938711
T7	3.5	0.25988	0.09797	0.00096	0.0004	0.09757	0.004099621
T8	4	0.25948	0.09757	0.0004	0	0.09757	0

Gráfica humedad libre pescado 1



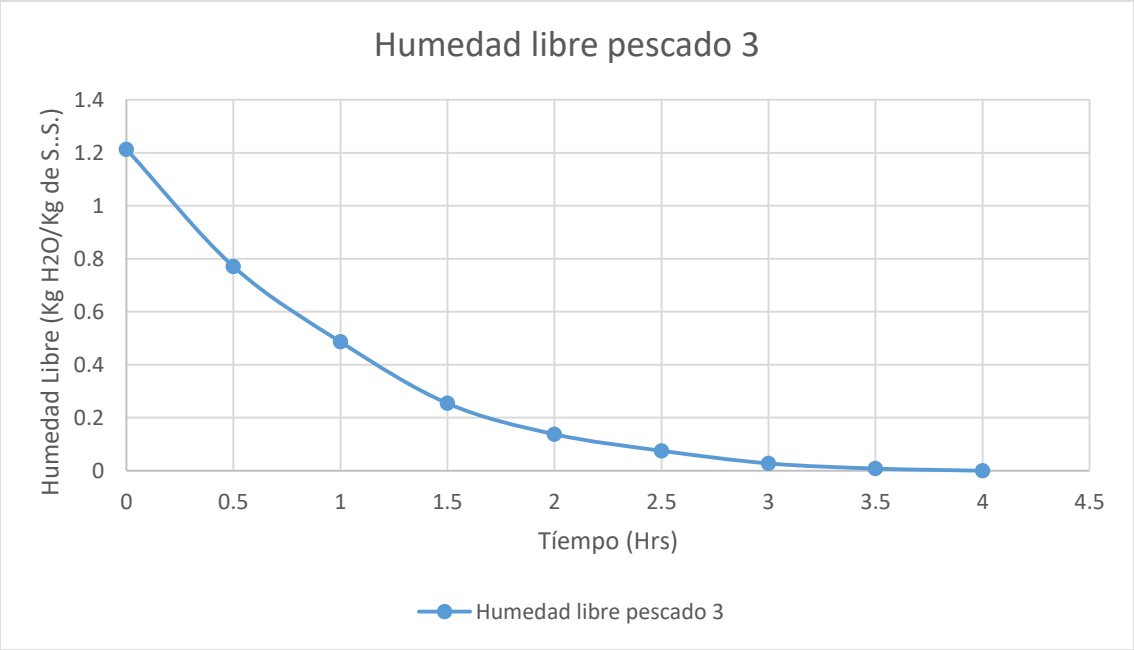
Pescado 2							
Tiempo (hora)		kg Charola + aluminio + sólido seco + agua	kg sólido seco + agua	kg agua	kg agua inicial	kg sólido seco	kg agua inicial/ kg sólido seco
T0	0	0.74861	0.1407		0.0684	0.0723	0.946058091
T1	0.5	0.72831	0.1204	0.0203	0.0481	0.0723	0.665283541
T2	1	0.71701	0.1091	0.0113	0.0368	0.0723	0.508990318
T3	1.5	1.6251	0.1014	0.0077	0.0291	0.0723	0.402489627
T4	2	1.6143	0.0906	0.0108	0.0183	0.0723	0.253112033
T5	2.5	1.60710	0.0834	0.0072	0.0111	0.0723	0.153526971
T6	3	1.5993	0.0756	0.0078	0.0033	0.0723	0.045643154
T7	3.5	1.5969	0.0732	0.0024	0.0009	0.0723	0.012448133
T8	4	1.596	0.0723	0.0009	0	0.0723	0

Grafica humedad libre pescado 2



Pescado 3							
Tiempo (hora)		Kg Charola + aluminio + sólido seco + agua	Kg sólido seco + agua	Kg agua	Kg agua inicial	Kg sólido seco	Kg agua inicial/ kg sólido seco
T0	0	0.35724	0.18751	-	0.1028	0.0847	1.21329084
T1	0.5	0.31975	0.15002	0.03749	0.0653	0.0847	0.770774315
T2	1	0.29565	0.12592	0.0241	0.0412	0.0847	0.486307838
T3	1.5	0.2760	0.1063	0.0197	0.0216	0.0847	0.254367328
T4	2	0.26612	0.09639	0.0099	0.0117	0.0847	0.137747875
T5	2.5	0.26084	0.09111	0.00528	0.0064	0.0847	0.075424929
T6	3	0.25680	0.08707	0.00404	0.00235	0.0847	0.027738432
T7	3.5	0.25515	0.08542	0.00165	0.00070	0.0847	0.008262512
T8	4	0.25445	0.08472	0.0007	0	0.0847	0

Grafica humedad libre pescado 3



4. Con los valores obtenidos de humedad libre a diferentes tiempos se puede calcular y así obtener la curva de velocidad de secado.
5. La información previa que necesitamos para los cálculos son:
    - Kg de solido seco de cada pescado
    - Área expuesta a secado en m^2

Solido seco (pescado)	Peso (Kg)
1	0.09757
2	0.0723
3	0.0847

Charola	Área (m^2)
1	0.16191
2	0.60791
3	0.16973

6. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$R = -\frac{Ls}{A} * \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

Donde:

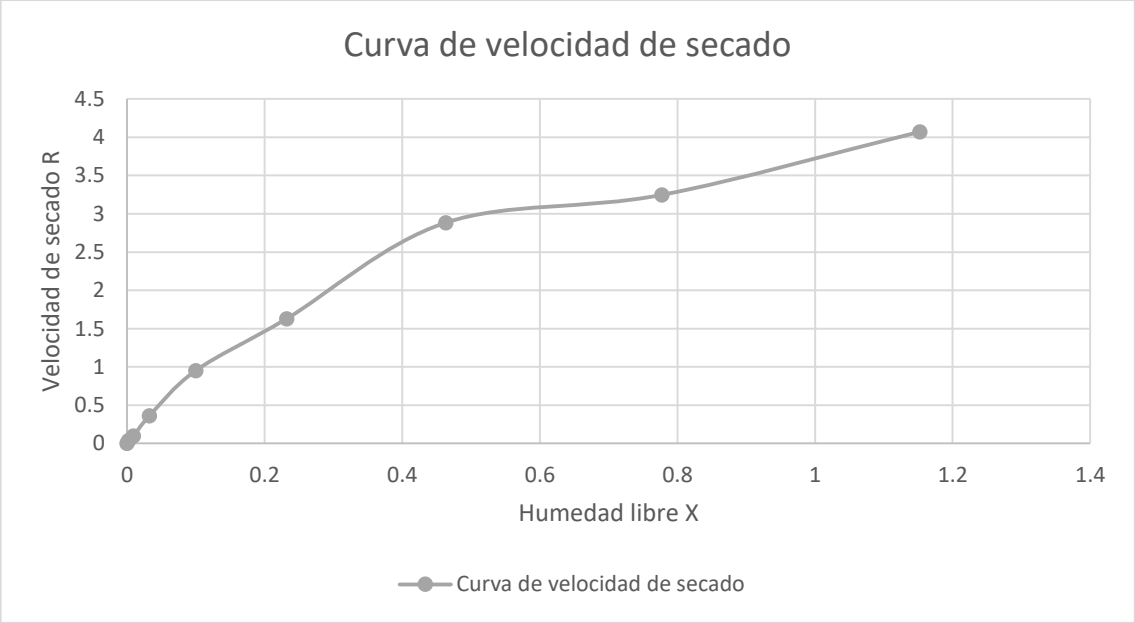
- Ls= Kg de solido seco.
- A= Área expuesta a secado en m^2
- ΔX= Diferencia de humedad libre o pérdida de peso.
- Δt=Diderencia de tiempo.

7. Una vez obtenido los resultados se grafica el valor de R contra la humedad libre media referida a cada valor de R.

Resultados:

Pescado 1						
Tiempo	**hr**	**X (kg agua inicial/sólido seco)**	**R (Kg s.s./ hr*m2)**	**X Humedad libre media**	**X Humedad libre media**	**R (Kg H2O/ hr*m2)**
T0	0	1.36097161	4.071	1.152352157	0	0
T1	0.5	0.943732705	3.247	0.777339346	0.00204981	0.04
T2	1	0.610945987	2.884	0.463154658	0.009019166	0.096
T3	1.5	0.315363329	1.629	0.231884801	0.032438249	0.361
T4	2	0.148406272	0.951	0.09967203	0.09967203	0.951
T5	2.5	0.050937788	0.361	0.032438249	0.231884801	1.629
T6	3	0.013938711	0.096	0.009019166	0.463154658	2.884
T7	3.5	0.004099621	0.04	0.00204981	0.777339346	3.247
T8	4	0	0	0	1.152352157	4.071

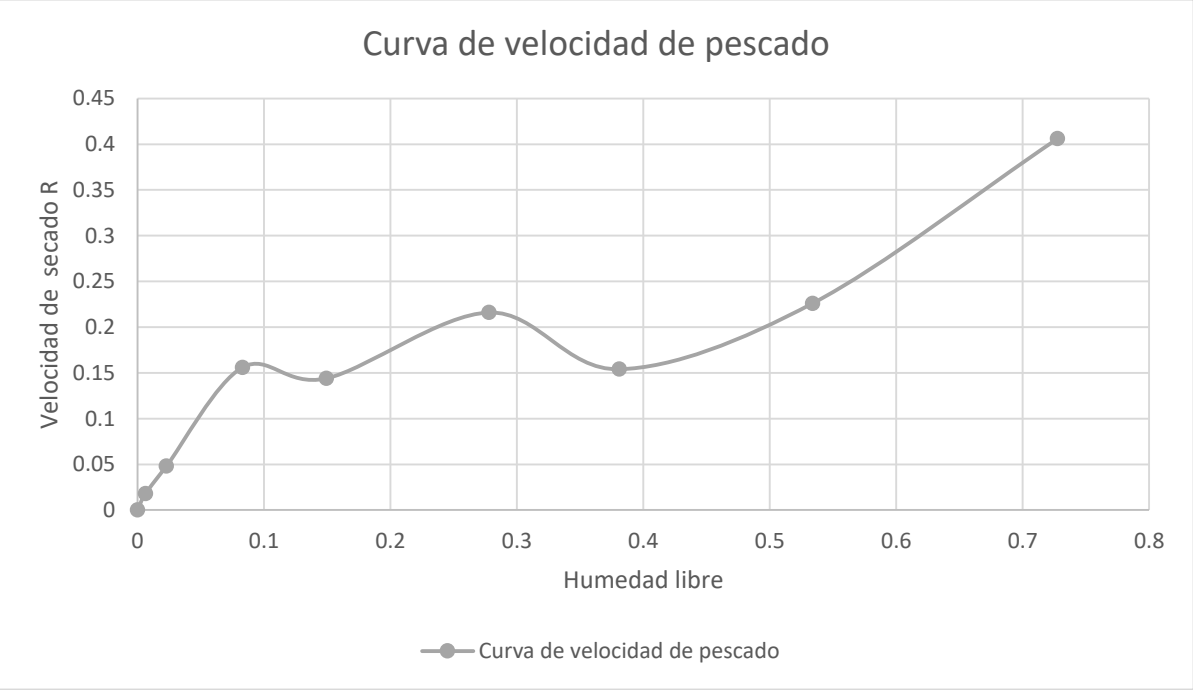
Grafica velocidad de secado pescado 1



Pescado2

Tiempo	Hr.	X (kg agua inicial/sólido seco)	R (Kg s.s./ hr*m2)	X Humedad libre media	X Humedad libre media	R (Kg H2O/ hr*m2)
T0	0	0.946058091	0.406	0.727524205	0	0
T1	0.5	0.665283541	0.226	0.533886584	0.006224066	0.018
T2	1	0.508990318	0.154	0.381051176	0.022821577	0.048
T3	1.5	0.402489627	0.216	0.278008299	0.082987552	0.156
T4	2	0.253112033	0.144	0.149377593	0.149377593	0.144
T5	2.5	0.153526971	0.156	0.082987552	0.278008299	0.216
T6	3	0.045643154	0.048	0.022821577	0.381051176	0.154
T7	3.5	0.012448133	0.018	0.006224066	0.533886584	0.226
T8	4	0	0	0	0.727524205	0.406

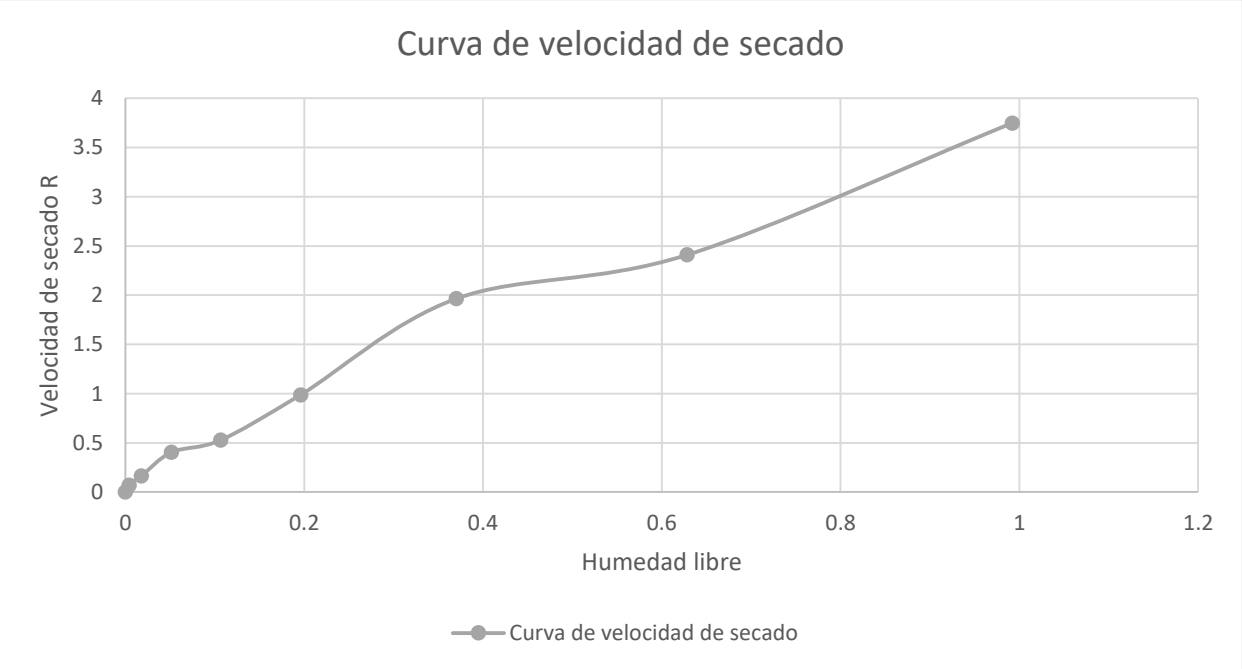
Grafica velocidad de secado pescado 2



Pescado3

Tiempo	Hr.	X (kg agua inicial/sólido seco)	R (Kg s.s./ hr*m2)	X Humedad libre media	X Humedad libre media	R (Kg H2O/ hr*m2)
T0	0	1.21329084	3.748114967	0.992032578	0	0
T1	0.5	0.770774315	2.409431067	0.628541076	0.004131256	0.069983475
T2	1	0.486307838	1.964536119	0.370337583	0.018000472	0.164961048
T3	1.5	0.254367328	0.987766761	0.196057602	0.051581681	0.403904627
T4	2	0.137747875	0.527875354	0.106586402	0.106586402	0.527875354
T5	2.5	0.075424929	0.403904627	0.051581681	0.196057602	0.987766761
T6	3	0.027738432	0.164961048	0.018000472	0.370337583	1.964536119
T7	3.5	0.008262512	0.069983475	0.004131256	0.628541076	2.409431067
T8	4	0	0	0	0.992032578	3.748114967

Grafica velocidad de secado pescado 3



8. Con las gráficas ya realizadas se pueden identificar los distintos periodos en el secado, el periodo de secado constante y decreciente.
9. Con las siguientes ecuaciones se determina el tiempo total:
   - $T_{total}=T_{pconst} + T_{pdecre}$
     Donde:
   - Ttotal= Tiempo total de secado
   - Tconst= Tiempo de secado constante
   - Tdecre= Tiempo de secado decreciente

Para el periodo de secado constante se aplica:

$$Tconst = \frac{Ls}{A} * \frac{(Xi-Xc)}{Rc}$$

Donde:

- Xi= Humedad libre inicial
- Xc= Humedad libre final del periodo de secado constante
- Rc= Velocidad final del periodo de secado constante

Para el periodo de secado decreciente se aplica:

$$Tdecre = \frac{Ls}{A} * \frac{Xc-Xf}{Rc-Rf} * ln\frac{Rc}{RF}$$

Donde:

- Xf= Humedad libre final del periodo de secado decreciente
- Rf= Velocidad final del periodo de secado decreciente

Resultados:

Pescado 1

$$Tconst = (\frac{\mathbf{0.09757}}{\mathbf{0.16191}}) * (\frac{(\mathbf{1.3609-.4631})}{\mathbf{2.884}})$$

T=.1875 hr

$$Tdecre = (\frac{\mathbf{0.09757}}{\mathbf{0.16191}}) * (\frac{\mathbf{.4631-.0020}}{\mathbf{2.884-.04}}) * (\boldsymbol{ln}\left(\frac{\mathbf{2.884}}{\mathbf{.04}}\right))$$

T=.4179 hr

Ttotal=.1875 hr+ .4179 hr

Ttotal=.6054 hr

Pescado 2

$$Tconst = (\frac{\mathbf{0.0723}}{\mathbf{0.60791}}) * (\frac{(\mathbf{.9460-.1493})}{\mathbf{.144}})$$

T=.6580 hr

$$Tdecre = (\frac{\mathbf{0.0723}}{\mathbf{0.60791}}) * (\frac{\mathbf{.1493-.0062}}{\mathbf{.144-.0018}}) * (\boldsymbol{ln}\left(\frac{\mathbf{.0062}}{\mathbf{.0018}}\right))$$

T=.1480 hr

Ttotal=.6580 hr + .1480 hr

Ttotal=.8061 hr

Pescado 3

$$Tconst = (\frac{\mathbf{0.0847}}{\mathbf{0.16973}}) * (\frac{\mathbf{(1.2132-.3703)}}{\mathbf{1.9645}})$$

T=.2141 hr

$$Tdecre = (\frac{\mathbf{0.0847}}{\mathbf{0.16973}}) * (\frac{\mathbf{.3703-.0041}}{\mathbf{1.9645-.0699}}) * (\boldsymbol{ln}\left(\frac{\mathbf{.0699}}{\mathbf{.0041}}\right))$$

T=.2735 hr

Ttotal=.2141 hr+ .2735 hr

Ttotal=.4876 hr

Análisis de resultados:

Pescado	Tiempo total de secado (hr)
1	6054
2	.8061
3	.4876
Media	.6330
Desviación estándar	.1610

3.2.6 Molienda

La siguiente actividad a realizar es la molienda, después de haber realizado un buen secado la molienda es la penúltima etapa para la elaboración de la harina de pescado, la molienda consiste en la disminución de tamaño de un material, esta operación puede ser por choques, por cortes, por fricción, es decir en todas ellas existe un contacto físico entre la materia prima, aunque difieren el principio por el cual se disminuye el tamaño de partícula, el tipo de molienda utilizado para la elaboración de harina es el molino de bolas, el cual su principio es por choque o impacto directo ente balines o bolas con el material el cual se desea disminuir el tamaño de partícula. En este caso, esta operación utilizó una licuadora tipo industrial, la cual se llenó hasta la mitad de su capacidad para no forzar a su trabajo, y se licuo durante cinco minutos seguidos con intervalos de cinco minutos de descanso durante una hora, intentando así obtener un mejor rendimiento en la molienda.

Observaciones.

Se pudo observar una buena molienda gracias al buen secado, aun así fue algo complicado el licuar los huesos ya que estos presentaron una gran dureza a la hora de molerlos, por eso se realizó en varas etapas para poder moler la mayor cantidad de huesos posibles.

3.2.7 Tamizado

El tamizado es la última etapa en la elaboración de la harina de pescado su finalidad es homogenizar el tamaño de partícula de un material (Fig. 3.1, Anexos), existen diferentes tipos de tamizado entre los más comunes están los de placa perforada y los de malla, encontrándose entre estos una gran variedad de tamaño de partícula y del tipo de material, en este caso se utilizó un tamiz N°20 de acuerdo a la norma ASTM E11, la cual tiene aproximadamente 0.850 mm de diámetro de partícula, la harina se hizo pasar por este tamiz, la operación fue hecha a mano y se obtuvieron los siguientes resultados:

Pescado	Peso de la harina (kg)
1	.100
2	.077
3	.089

Análisis de resultados:

Rendimiento

Con los datos de peso inicial de pescado hasta la elaboración después del tamizado, se obtendrá el rendimiento en la elaboración de harina.

$$\alpha = \frac{peso\ de\ harina}{peso\ inicial\ de\ pescado} * 100$$

Pescado 1

$$\alpha = \frac{.100\ Kg}{.34542\ Kg} * 100\%$$

α=28.95%

Pescado 2

$$\alpha = \frac{.077\ Kg}{.26153\ Kg} * 100\%$$

α=29.44%

Pescado 3

$$\alpha = \frac{.089\ Kg}{.29717\ Kg} * 100\%$$

α=29.94%

Análisis de resultados:

Pescado	Rendimiento (%)
1	28.95
2	29.44
3	29.94
Media	29.4433
Desviación estándar	.4950

El valor obtenido como rendimiento se asemeja en gran medida a lo ya encontrado en la literatura, la cual nos dice que se encuentra en un valor alrededor del 25% (Brasil-Vaaland y Piyarat, 1982) en nuestro caso se obtuvo un valor medio de 29.44% el cual es un valor relativamente alto, y la desviación estándar fueron bajas por lo cual no fueron resultados tan diferentes, para los cálculos de rendimiento en la elaboración de la harina no se tomó en cuenta la perdida de materia prima en los equipos y en cada operación.

Se podría concluir que se realizó de buena manera el procesamiento del pez diablo en harina, y se obtuvo información importante de algunas operaciones y algunas características en su composición y de sus cambios durante su proceso.

4. Caracterización de harina de pez diablo.

Para conocer las propiedades de nuestro producto, es decir, de nuestra harina de pescado es necesario realizar los análisis proximales correspondientes:

- Contenido de fibra.
- Contenido de ácidos grasos.
- Contenido de ceniza.
- Cuantificación de contenido proteico.
- Contenido de humedad.

Estos análisis nos servirán para conocer la calidad de la harina obtenida así como saber si están cubriendo las especificaciones dentro de las normas oficiales mexicanas para la comercialización de harinas de pescado.

Se empleará la metodología que están ya establecidas dentro de las normas oficiales mexicanas y se explicaran con detalle más adelante.

4.1 Análisis para obtención de contenido de ácidos grasos.

NMX-Y-103-SCFI-2004 ALIMENTOS PARA ANIMALES - DETERMINACION DE EXTRACTO ETÉREO EN ALIMENTOS TERMINADOS E INGREDIENTES PARA ANIMALES METODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-Y-103-1976).

Esta norma mexicana establece el procedimiento para la determinación de extracto etéreo en alimentos terminados e ingredientes para animales.

2. Fundamento.

Se basa en la extracción de las sustancias solubles en el disolvente utilizado.

3. Materiales y Reactivos.

Materiales	Reactivos	Equipo
Cartucho de extracción	Éter de petróleo o hexanos.	Balanza analítica con sensibilidad
Papel filtro de porosidad media		Horno de secado
		Desecador

4. Procedimiento.

- Pesar 2 g de muestra en un papel filtro y doblar de tal manera que evite la salida de la muestra; introducir al cartucho de extracción y colocar en un horno a 105°C durante una hora o usar la muestra proveniente de la determinación de humedad.
- Poner los recipientes para el disolvente en el horno a 105°C por una hora.
- Colocar en el desecador y enfriar a temperatura ambiente, pesar y registrar el peso.

- Colocar el cartucho con la muestra y el recipiente con el solvente en el equipo para extracción, mantener la temperatura durante el tiempo especificado en el equipo.
- Controlar el flujo de agua en el condensador de manera que se eviten pérdidas de solvente.
- Después de que la extracción se complete evaporar el solvente.
- Pasar los recipientes con el extracto al horno a 100 °C por 30 min.
- Enfriar en el desecador a temperatura ambiente y pesar.

5. Cálculo.

$$\%\text{de extracto etereo} = \left(\frac{masa\ del\ matraz\ con\ grasa - masa\ del\ matraz\ \sin grasa}{masa\ de\ la\ muestra}\right) * 100$$

6. Imágenes en anexo.

7. Resultados.

Muestra 1

$$\%\text{de extracto etereo} = \left(\frac{101.1758 - 100.8875}{3.004}\right) * 100$$

$$\%\text{de extracto etereo} = 9.6$$

Muestra 2

$$\%\text{de extracto etereo} = \left(\frac{100.4097 - 100.1120}{3.008}\right) * 100$$

$$\%\text{de extracto etereo} = 9.9$$

Muestra 3

$$\%\text{de extracto etereo} = \left(\frac{100.0674 - 99.7523}{3.0010}\right) * 100$$

$$\%\text{de extracto etereo} = 10.5$$

Análisis de resultados.

Muestra	Contenido (%)
1	9.6
2	9.9
3	10.5
Media	10
Desviación estándar	0.4582

4.2 Cuantificación de contenido proteico.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-Y-118-A-1982, ALIMENTOS BALANCEADOS E INGREDIENTES PARA ANIMALES -DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA.

1. Objetivo y campo de aplicación.

Esta norma oficial establece el procedimiento para determinar el contenido de proteína cruda en alimentos balanceados e ingredientes para animales.

2. Fundamento.

Este método se basa en la transformación del nitrógeno en sulfato de amonio, mediante la acción del ácido sulfúrico a altas temperaturas en presencia de catalizadores y su posterior liberación en forma de amoniaco para proceder a su valoración.

3. Materiales y Reactivos.

Los reactivos que a continuación se mencionan serán de grado analítico a menos que se especifique otra cosa; cuando se mencione agua esta será destilada.

Materiales	Reactivos	Equipo
Matraz Kjeldahl de 500-800 cm^3	Ácido sulfúrico 98%	Balanza analítica con precisión de 0.0001 g
Digestor, destilador Kjeldahl	Solución de ácido sulfúrico 0.1 N	
Bureta graduada de 50 cm^3	Solución de hidróxido de sodio al 50% (1:1 p/v) **NaOH en escamas	
Matraz Erlenmeyer de 500 cm^3	Solución de ácido bórico al 4%	
Probetas graduadas de 25 y 100 cm^3	Granalla de Zinc	
Espátula	Catalizador (sulfato de cobre, mezcla digestora de selenio), mezcla de sulfato de sodio (sulfato de sodio y oxido de mercurio).	
Gotero	Indicador de Wesslow. Preparar mezclando 0.8 g de rojo de metilo y 0.2 g de azul de metileno y disolver en 500 cm^3 de alcohol etílico	
Perlas de vidrio	Antiespumante	

4. Procedimiento.

- Pesar cuidadosamente entre 0.5 y 1.0 g más menos, 1 mg de muestra en un papel y transferir a un matraz Kjeldahl cuidando que no se pegue la muestra al cuello del matraz.
- Agregar unas perlas de vidrio, añadir el catalizador indicado anteriormente, aproximadamente 6 g de mezcla digestora de selenio y 25 cm^3 de ácido sulfúrico concentrado de 98%. Colocar en el digestor y calentar hasta que se destruya toda la materia orgánica o sea hasta que la muestra toma un color verde azuloso transparente. Una vez fría la muestra se le añaden 300 cm^3 de agua, enfriando el matraz al chorro de

la llave, se le agregan cuidadosamente 90 cm^3 de hidróxido de sodio y 6 o 7 granallas de zinc y antiespumante, conectar de inmediato al destilador al que previamente se le habrá colocado un matraz con ácido bórico e indicador de Wesslow (6 gotas) (el extremo del tubo debe sumergirse en el ácido para que burbujee); destilar hasta que el NH_3 haya pasado al ácido bórico, en los primeros 200 cm^3 del destilado; quitar el matraz lavando el tubo con agua destilada. Titular el destilado con H_2SO_4 0.1 N hasta el vire de color.

5. Cálculos.

$$\%\ de\ nitrogeno = \frac{V-B*N*0.014*100}{P}$$

En donde:
V = cm^3 de la solución de ácido sulfúrico valorada.
B=blanco de la muestra
N = normalidad real del H_2SO_4.
P = peso de la muestra.
0.014 = mili equivalente de nitrógeno (N).
% de Proteína = % de Nitrógeno X 6.25.

6. Imágenes en anexo.

7. Resultados.

Muestra 1

$$\%\ de\ nitrogeno = \frac{(57.7-0.3)*0.1*0.014*100}{1}$$

$$\%\ de\ nitrogeno = 8.04$$

$$Proteína = 8.04*6.25 = 50.25\%$$

Muestra 2

$$\%\ de\ nitrogeno = \frac{(59.1-0.3)*0.1*0.014*100}{1}$$

$$\%\ de\ nitrogeno = 8.24$$

$$Proteína = 8.04*6.25 = 51.5\%$$

Muestra 3

$$8.176\%\ de\ nitrogeno = \frac{58.6-0.3*0.1*0.014*100}{1}$$

$$\%\ de\ nitrogeno = 8.176$$

$$Proteína = 8.176*6.25 = 51.1\%$$

Análisis de resultados:

Muestra	Contenido (%)
1	50.25
2	51.5
3	50.25
Media	51.1
Desviación estándar	0.7216

4.3 Análisis para determinación de cenizas

NMX-F-066-1978 DETERMINACIÓN DE CENIZAS EN ALIMENTOS.

1. Objetivo.
Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para la determinación en cenizas.

2. Aplicación.

Este método es aplicable a todas las muestras de alimentos sólidos. Para las muestras liquidas, determinar los sólidos totales y sobre este material a la técnica descrita.

3.- Materiales y reactivos.

Materiales	Equipo
Crisol	Aparatos e instrumentos
Pinzas de crisol	Parrilla eléctrica con regulador de temperatura
Desecador	Mufla
	Balanza analítica

4. Procedimiento.

- En un crisol a masa constante, poner de 3 a 5 g de muestra por analizar; colocar el crisol con muestra en una parrilla y quemar lentamente el material hasta que ya no desprenda humos, evitando que se proyecte fuera del crisol.
- Llevar el crisol a una mufla y efectuar la calcinación completa.
- Dejar enfriar en la mufla, transferirlo al desecador para su completo enfriamiento y determinar la masa del crisol con cenizas.

5. Cálculo.

$$\%\text{de cenizas} = \left(\frac{masa\ del\ crisol\ con\ las\ cenizas - masa\ del\ crisol\ vacio}{masa\ de\ la\ muestra}\right) * 100$$

6. Imágenes en anexos.

7. Resultados.

Muestra 1

$$\%\text{de cenizas} = \left(\frac{43.062\ g - 42.075\ g}{3.089\ g}\right) * 100$$

$\%\text{de cenizas} = 31.95$

Muestra 2

$$\%\text{de cenizas} = \left(\frac{41.514\ g - 40.526\ g}{3.059\ g}\right) * 100$$

$\%\text{de cenizas} = 32.2981$

Muestras 3

$$\%\text{de cenizas} = (\frac{43.464\ g - 42.485\ g}{3.057\ g}) * 100$$

$\%\text{de cenizas} = 33.8894$

Análisis de resultados:

Muestra	Contenido (%)
1	31.95
2	32.2981
3	33.8894
Media	32.7125
Desviación estándar	1.0339

4.4 Análisis para determinación de humedad.

NMX-Y-098-SCFI-2012 ALIMENTOS PARA ANIMALES – DETERMINACION DE HUMEDAD EN ALIMENTOS BALANCEADOS E INGREDIENTES MAYORES.

1. Objetivo.

Este proyecto de norma mexicana tiene como objetivo establecer un método de prueba para la determinación de humedad en alimentos balanceados en ingredientes mayores que se comercializan en el territorio nacional, para control de calidad con propósitos comerciales, técnicos y legales.

2. Campo de aplicación.

Este proyecto de norma mexicana es aplicable a los alimentos terminados para animales y a los ingredientes mayores usados en su elaboración.

3. Fundamento.

La pérdida de masa de una porción de muestra al secarse es determinada bajo condiciones específicas dependiendo de la naturaleza de la muestra.

4. Materiales y reactivos.

Materiales	Equipo
Espátulas	Estufa de convección o estufa de vacío
Charolas de aluminio de 50 mm de diámetro por 20 mm de alto, con tapadera	Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001 g
Guantes	Molino de laboratorio
Desecador	
Pinzas para crisoles	

5. Procedimiento

- Moler las muestras en molino con malla de orificios circulares de 1 mm.
- Utilizar charolas de aluminio limpias y a peso constante. Colocar las charolas en la estufa, secar a 105°C ± 2°C por una hora como mínimo. Sacarlas del horno y trasladarlas a un desecador; dejar enfriar y pesar.
- Método I (AOAC).

- Pesar 2 g de muestra en la charola de metal.
- Colocar la tapa en la parte inferior de la charola, introducir en la estufa, secar a 135°C ± 2°C durante 2 h.
- Sacar las charolas con las muestras, colocar las tapas y llevarlas a un desecador hasta enfriarlas.
- Sacar las charolas del desecador y pesarlas rápidamente.

- Método II (ISO).

- Pesar 5 g de muestra en la charola de metal.
- Colocar la tapa en la parte inferior de la charola, introducir en la estufa, secar a 103°C ± 2°C durante 4 h.

- Sacar las charolas con las muestras, colocar las tapas y llevarlas a un desecador hasta enfriarlas.
- Sacar las charolas del desecador y pesarlas rápidamente.

6. Cálculos.

$$\%\ de\ humedad = \left(\frac{peso\ muestra\ original - peso\ muestra\ seca}{Peso\ de\ muestra\ original}\right) * 100$$

7. Imágenes en anexo.

8. Resultados.

Muestra 1

$$\%\ de\ humedad = \left(\frac{5.758\ g - 5.596\ g}{3.003\ g}\right) * 100$$

$\%\ de\ humedad =$ 5.3946

Muestra 2

$$\%\ de\ humedad = \left(\frac{5.688\ g - 5.525\ g}{3.013\ g}\right) * 100$$

$\%\ de\ humedad = 5.4098$

Muestra 3

$$\%\ de\ humedad = \left(\frac{5.601\ g - 5.435\ g}{3.028\ g}\right) * 100$$

$\%\ de\ humedad = 5.601$

Análisis de resultados:

Muestra	Contenido (%)
1	5.3946
2	5.4098
3	5.601
Media	5.4684
Desviación estándar	0.1150

4.5 Análisis para obtención de contenido de fibra cruda.

NMX-Y-094-SCFI-2012 ALIMENTOS PARA ANIMALES – DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN ALIMENTOS BALANCEADOS E INGREDIENTES MAYORES.

1. Objetivo.

Determinación de la fibra cruda en diversos tipos de alimentos

2. Campo de aplicación.

El método es aplicable a granos, platos preparados, harinas, alimentos para animales, materiales que contienen fibras de los cuales la grasa ha sido extraída para dejar un residuo adecuado.

3. Fundamento.

La fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.

4. Materiales y Reactivos.

Materiales	Reactivos	Equipo
Crisoles de porcelana o silica	Sol. De ácido sulfúrico 0.255 N (1.25 h de H_2SO_4/100 ml). La concentración debe ser checada con titulación	Aparato de calentamiento a reflujo
Desecador con deshidratante	Solución de hidróxido de sodio 0.313 N (1.25 g de NaOH/100 ml de agua libre de Na_2CO_3). La concentración debe ser checada con titulación.	Balanza analítica
Dispositivo de succión al vacío	Etanol al 95 %.	Estufa a 103(+ -) 2°C
Embudo Buchner de propileno tipo california u otra alternativa equivalente	Éter de petróleo.	
Tamiz de malla de 1 mm		
Placa perforada con capacidad de 200 ml de agua a 25 °C. Hasta ebullición en 15 (+ -) por 2 minutos.		

- Fibra cerámica preparada: Cerafiber, 8 lb /cu ft. Colocar 60 g en un a juguera, agregar 800 ml de agua y mezclar por un minuto a baja velocidad. Determinar el blanco tratando aproximadamente 2 g (peso seco) de la fibra cerámica preparada con ácido y álcalis, corregir los realizados de fibra cruda ara el blanco, el cual debe ser insignificantemente (aproximadamente 2 mg).

6. Procedimiento.

- Pesar (a 0.1 mg alrededor de) 2 g de muestra preparada y transferir en el matraz del aparato de calentamiento a reflujo.
- Agregar 1.5 a 2 g de fibra cerámica preparada
- Agregar 200 ml de H_2SO_4 0.255 N, hirviente, gotas antiespumante y perlas de vidrio.
- Conectar el aparato de calentamiento a reflujo y hervir exactamente durante 30 minutos, rotando el matraz periódicamente.
- Desmontar el equipo y filtrar a través del embudo Buchner tipo california o alternativas.
- Lavar con 50 a 75 ml de agua hirviente, repetir el lavabo con tres porciones de 50 ml de agua o hasta que cese la reacción acida.
- Retornar el residuo al aparato de calentamiento a reflujo y hervir exactamente durante 30 minutos, rotando el matraz periódicamente.
- Lavar con 25 ml de H_2SO_4 0.255 N, hirviente, con 3 porciones de 50 ml de agua hirviente y con 25 ml de etanol al 95 %.
- Remover el residuo y transferir al crisol.
- Secar en estufa a 130 (+-) 2 ºC por 2 horas, enfriar en desecador y pesar.
- Determinar un blanco en las mismas condiciones que la muestra.

7. Cálculo.

% Fibra cruda en muestra molida

$$= \frac{(perdida\ de\ peso\ en\ la\ incineracion - perdidad\ del\ peso\ en\ el\ blanco\ de\ fibra\ ceramica) * 100}{peso\ de\ la\ muestra}$$

La anterior expresión se puede tomar como C

% Fibra cruda (base húmeda)

$$= C * \frac{(100 - \%\ de\ Humedad\ en\ muestra\ original)}{100}$$

8. Imágenes en anexo.

9. Resultados:

Para corroborar que los resultados obtenidos fueran lo más acertados posibles, se mandaron a realizar los mismos análisis a un laboratorio certificado, para comparar los resultado anteriormente obtenidos, los resultados de los análisis realizados en el laboratorio certificado no mostraron una diferencia significativa con los resultados que se obtuvieron antes, dentro de los análisis realizados fuera del instituto se realizó proteína, cenizas, humedad y ácidos grasos, también se obtuvieron resultaos de fibra y carbohidratos, debido a que estos últimos análisis dieron valores demasiado pequeños y difíciles de calcular se optó por tomar los valores obtenidos en los análisis del laboratorio certificado.

4.6 Estimación de composición de pez diablo fresco.

Se estimara la composición del pescado fresco, en base a los resultados en la composición obtenidos en pruebas proximales de la harina de pescado

Composición de harina de pescado:

Componente	Porcentaje (%)
Proteína	51.48
Húmeda	5.4
Cenizas	32.7
Grasa	10
Carbohidratos	0.05
Fibra cruda	0.37
Total	100

Se considera que los componentes como proteína, ceniza, carbohidratos, fibra cruda, se mantiene constante durante el proceso, solamente se consideran las pérdidas de grasa y humedad durante el prensado y el secado.

Tomando como referencia el porcentaje de grasa, en peso fresco de pescados de la misma familia "*Siluriformes"* (Pez gato o bagre), según la literatura da un valor aproximado de 3.7 % (Poulter y Nicolaides, 1985).

Primero se calculara los Kg contenidos por componente, de cada pescado procesado en harina respectivamente.

Peso harina de pescado:

Pescado	Peso de la harina (Kg)
1	0.100
2	0.077
3	0.089

<u>Pescado 1</u>

Componente	Porcentaje (%)	Peso harina de pescado (Kg)	Peso por componente (Kg)
Proteína	.5148	0.100	0.05148
Húmeda	5.4		0.0054
Cenizas	32.7		0.0327
Grasa	10		0.01
Carbohidratos	.05		0.00005
Fibra cruda	.37		0.00037
Total	100		0.1

Pescado 2

Componente	Porcentaje (%)	Peso harina de pescado (Kg)	Peso por componente (Kg)
Proteína	51.48	0.077	0.03964
Húmeda	5.4		0.004158
Cenizas	32.7		0.025179
Grasa	10		0.0077
Carbohidratos	.05		0.0000385
Fibra cruda	.37		0.000285
Total	100		0.077

Pescado 3

Componente	Porcentaje (%)	Peso harina de pescado (Kg)	Peso por componente (Kg)
Proteína	51.48	0.089	0.045817
Húmeda	5.4		0.004806
Cenizas	32.7		0.029103
Grasa	10		0.0089
Carbohidratos	.05		.0000445
Fibra cruda	.37		0.000329
Total	100		0.089

Peso de pescados frescos:

Pescado	Peso (Kg)
1	0.34542
2	0.26153
3	0.29717

Cálculos:

Pescado 1

$$Grasa\ total = ((0.34542\ \mathrm{Kg}) * (.037)) = .0127\ \mathrm{Kg} = 12.7\ \mathrm{g}$$

Composición pescado fresco
Humedad total
$Humedad\ total = Peso\ pescado\ fresco - \Sigma comp$
Donde: $\Sigma comp$ es la sumatoria de los componentes en Kg
$Humedad\ total = 0.34542 - (0.0127 + 0.05148 + 0.0327 + 0.00005 + 0.00037)$
$Humedad\ total = 0.24812$

Pescado 1 fresco

Componente	Peso por componente (Kg)	Peso pescado fresco (Kg)	Porcentaje (%)
Proteína	0.05148	0.34542	14.9035956
Húmeda	0.24812		71.8313937
Cenizas	0.0327		9.46673615
Grasa	0.0127		3.67668346
Carbohidratos	0.00005		0.01447513
Fibra cruda	0.00037		0.10711597
Total	.34542		100

Pescado 2

$$Grasa\ total = \left((0.26153\ \mathrm{Kg}) * (.037)\right) = 0.00967\ \mathrm{Kg} = 9.67\ \mathrm{g}$$

Composición pescado fresco
Humedad total
$Humedad\ total = Peso\ pescado\ fresco - \Sigma comp$
Donde: $\Sigma comp$ es la sumatoria de los componentes en Kg
$Humedad\ total = 0.26153 - (0.03964 + 0.025179 + 0.0000385 + 0.00967 \ + 0.000329\ )$
$Humedad\ total = .1866735$

Componente	Peso por componente (Kg)	Peso de pescado fresco (Kg)	Porcentaje (%)
Proteína	0.03964	0.26153	15.15696096
Húmeda	0.1866735		71.37747104
Cenizas	0.025179		9.627576186
Grasa	0.00967		3.697472565
Carbohidratos	0.0000385		0.014721065
Fibra cruda	0.000285		0.108974114
Total	0.26153		100

Pescado 3

$$Grasa\ total = \left((0.29717\ \mathrm{Kg}) * (.037)\right) = 0.0109\ \mathrm{Kg} = 10.9\ \mathrm{g}$$

Composición pescado fresco
Humedad total
$Humedad\ total = Peso\ pescado\ fresco - \Sigma comp$
Donde: $\Sigma comp$ es la sumatoria de los componentes en Kg
$Humedad\ total =$ 0.29717 – (0.045817+0.029103+0.0109+.0000445+0.000329)=
$Humedad\ total = .1866735$

Componente	Peso por componente (Kg)	Peso de pescado fresco (Kg)	Porcentaje (%)
Proteína	0.045817	0.29717	15.4177743
Húmeda	0.2109765		70.9952216
Cenizas	0.029103		9.79338426
Grasa	0.0109		3.66793418
Carbohidratos	.0000445		0.01497459
Fibra cruda	0.000329		0.11071104
Total	0.29717		100

Análisis de resultados

Componente	Pescado 1 (%)	Pescado 2 (%)	Pescado 3 (%)	Media	Desviación estándar
Proteína	14.9035956	15.15696096	15.4177743	15.1594436	0.257098
Húmeda	71.8313937	71.37747104	70.9952216	71.4013621	0.418598
Cenizas	9.46673615	9.627576186	9.79338426	9.6292322	0.16333
Grasa	3.67668346	3.697472565	3.66793418	3.68069674	0.015173
Carbohidratos	0.01447513	0.014721065	0.01497459	0.0147236	0.00025
Fibra cruda	0.10711597	0.108974114	0.11071104	0.10893371	0.001798
Total	100	100	100	100	

5. Selección de la tecnología de proceso

Las etapas que son necesarias a fin de reunir la información técnica requerida son:

(a) Descripción del proceso de producción

La descripción del proceso mediante esquemas simples o diagramas de circulación ayuda a visualizar la secuencia de operaciones y la presentación de los datos. Además, deberá compararse con las técnicas actuales para elaborar el/los mismos productos. Para un proyecto nuevo, será necesaria una evaluación y selección entre las distintas alternativas tecnológicas. Puede existir más de una línea de producción. En la utilización de pequeños pelágicos, pueden procesarse productos frescos, congelados, curados y enlatados. La diversificación de productos permite la mejor utilización de la materia prima y la expansión de los mercados. Los tipos de procesamiento utilizados por pesquerías de pequeña escala son relativamente simples (por ejemplo, seco, salado, ahumado o congelado) (Stevenson et al., 1986).

(b) Especificación de equipos

Se debe realizar un relevamiento de todos los equipos y sus características técnicas (capacidad, material de construcción, rendimiento, consumo, año de puesta en funcionamiento, vida útil estimada, etc) para determinar si existe alguna restricción o cuello de botella en la utilización eficiente de la planta. En el caso de un proyecto nuevo, esta etapa consiste en calcular el tamaño y forma de los distintos equipos e instalaciones y especificar los materiales de construcción. Esto último debe hacerse con sumo cuidado debido a que el tipo de material de construcción influye fundamentalmente en el diseño mecánico y en el costo de los equipos. Asimismo, en la selección del equipo, debe considerarse el tipo de proceso, la escala de operación y el grado de mecanización, factores estrechamente relacionados entre sí.

Suele ocurrir que un determinado grado de mecanización es aplicable sólo para un volumen mínimo de producción. Un ejemplo claro de ello es la incorporación de clasificación automática de pescado para plantas pesqueras que resulta rentable solamente a partir de un determinado volumen de producción, el cual depende, entre otros factores de: la distribución de tamaño de la especie y la estructura de costos de la planta (Booman et al., 1988).

En los países industrializados, se tiende a sustituir la mano de obra por equipo (automatización), lo que implica la presencia de factores tales como producción en masa, organización optimizada, disciplina y eficiencia de la mano de obra y buenos sistemas de distribución. Empleando las técnicas de la Ingeniería Económica, se ha demostrado que en los países en desarrollo, la tecnología óptima seleccionada algunas veces no es coincidente con la tecnología aplicada en un país desarrollado (Cerbini y Zugarramurdi, 1981b).

Además, dentro del aspecto técnico, se deberá incluir las estimaciones relativas al tamaño, características de los edificios necesarios para la producción y la forma en que se distribuirán en el terreno. Asimismo se deberá

considerar la distribución de los equipos dentro de los edificios industriales, teniendo en cuenta los datos de rendimientos, posibilidad de ampliación de la producción y circulación de los materiales. Esta información es básica para estimar la inversión fija.

(c) Relevamientos de insumos

Conocidos el tamaño de la planta y elegido el método de fabricación, será posible determinar o estimar la cantidad y calidad necesaria de cada uno de los insumos para la elaboración de cada producto. La determinación del requerimiento de insumos es la premisa básica para estimar los costos de operación.

Los insumos directos principales son: materias primas, mano de obra, servicios y envases. Tradicionalmente, en el manejo de recursos pesqueros, las cantidades de pescado se fijan previamente (por ej., cuotas de captura). Sin embargo, aun cuando la oferta de pescado total pueda ser limitada, el acceso de una empresa al mercado de pescado fresco o congelado es libre. En esas circunstancias, si la demanda aumenta, los precios del pescado fresco aumentarán y las empresas pesqueras pueden encontrar más interesante importar pescado antes que comprarlo localmente. Este es el caso de muchos países desarrollados en el presente. Para el resto de las materias primas también puede ser necesario realizar un análisis de diferentes alternativas.

Cuando se han completado todas las etapas, se ha reunido una gran cantidad de información concerniente a los datos técnicos del proceso. Mediante un cuidadoso estudio de los diagramas de flujo y de los equipos, se puede afirmar qué etapas del proceso pueden causar problemas, son caras o infrecuentes y al examinar cada operación se pueden prever los problemas que aparecerían en el diseño y funcionamiento.

Debe tenerse en cuenta que este análisis no es sólo necesario para el proceso de inversión, sino que también lo es para el análisis de situaciones existentes, ya que las condiciones o su incidencia relativa pueden cambiar con el tiempo. Asimismo es relativamente común encontrar, sobre todo en países en vías de desarrollo, que las industrias se han instalado siguiendo un análisis aproximativo, o bien basándose en analogías o en condiciones político-económicas que están lejos de constituir condiciones óptimas o adecuadas para el desarrollo autosustentable. Como la calidad y seguridad del producto se están convirtiendo en condiciones esenciales para permanecer en el mercado y progresar, estos aspectos son indispensables durante la evaluación de los insumos y selección de los equipos.

5.1 Alternativas de tecnología de proceso

Para la elaboración de harina de pescado existe ya una serie de operaciones establecidos los cuales han sido demostrado que tiene mayor rendimiento en la producción de harina y una buena calidad, son algunos detalles técnicos que difieren de una tecnología a otra, el uso de nuevas tecnología significa un mayor costo en la inversión de los equipos, así como también un elevado costo en su funcionamiento y mantenimiento, en este proyecto se tomara en cuenta solo aquellas alternativas que sean realmente necesaria para el proceso de elaboración de la harina de pescado, no olvidando así que el objetivo principal es el procesamiento industrial del pez diablo.

Las operaciones unitarias para la producción de harina de pescado de manera general se pueden resumir en:

Trituración

Esta operación sólo es imprescindible cuando se reciben ejemplares grandes (alas o partes de algunos tiburones, rayas, marrajos, marlines, etc.), y su objetivo es facilitar las operaciones posteriores de cocción y prensado.
Las instalaciones constan de molinos simples, en cajas cerradas, con cuchillas o aspas a pequeña velocidad, por la eventual dureza de la piel y huesos y cabezas.

Cocción-prensado

Mientras las anterior operación es netamente mecánicas, en la cocción se producen acusados cambios bioquímicos que producen olor, que se atenúa al ser máquinas cerradas. La cocción en la mayoría de los casos es continua.
La operación es la siguiente: la materia prima se introduce en unas cámaras con un tornillo sin fin en su interior, que arrastra el pescado o los residuos hasta una prensa. En el trayecto, la materia prima recibe calor indirecto mediante camisa de vapor o doble cámara en la totalidad de fábricas actuales.
El calentamiento por chorro de vapor directo ya no se utiliza en la actualidad.
Al sobrepasar los 60ºC (temperatura mínima, para que se coagulen proteínas) ya se pueda separar el agua de la masa sólida de pescado. El tornillo sin fin de baja velocidad exige fuerza o motores potentes, debido a que el pescado crudo o ya cocido forma una masa compacta. Tras la cocción, la masa de pescado entra caliente (por debajo de 80 ºC) en una prensa continua de tornillo doble, en donde se comprime por acción de la presión de la masa sobre las paredes de la cámara a medida que el tornillo avanza. La masa cede el agua y aceite naturales del pescado, quedando las proteínas ya coaguladas en la torta de prensa. El sistema empleado es similar en todas las fábricas, aunque varían en la capacidad de producción (siempre superior a 1,5 t/hora).
La fase líquida que cae por la parte inferior de la prensa sobre una plancha metálica perforada, que actúa de filtro, contiene agua, aceite y otros componentes minoritarios.

El pescado en fresco tiene (aproximadamente) un 80 % de agua y aceites, con otros componentes minoritarios (importantes cualitativamente). La torta tiene a

la salida de la prensa, un 45-55 % de humedad.
Las aguas resultantes del prensado (stickwaters) suponen un 30-40 % del peso del pescado o residuo que entró en fábrica. Contienen aceites, sólidos (en suspensión y disueltos), proteínas solubles y agua. Hay que tener en cuenta que este tipo de aguas son vertidos calientes, fácilmente putrescibles y causa factible de olor.

Clarificación y purificación del aceite

Los líquidos resultantes del prensado junto con las aguas generadas durante las operaciones de almacenamiento y trituración constituyen las llamadas aguas de cola o “stickwaters”, que como se ha comentado anteriormente contienen tienen una proporción elevada de aceites y sólidos. Mediante la utilización de “decanters” o centrífugas, se pueden separar en tres fases: aceite, sólidos y agua.

Concentración de las aguas de cola

La operación consiste someter a las aguas procedentes de la anterior operación, que tienen un 8-12 % de sólidos de muy alto valor cualitativo (vitaminas, factores de crecimiento, etc), a una evaporación en dos o más fases y a baja presión, para obtener un concentrado pastoso que se adiciona a la torta de prensa para conseguir la valiosa Harina integral o completa, ya que lleva todos los componentes del pescado.

Secado de la torta

La Torta de Prensa llega al secador con un 35-45 % de agua, y tras el secado debe contener un máximo del 12 % (máximo comercial de humedad) para que la futura harina no fermente.

Molienda

En esta operación se muele la anterior torta de prensa para obtener un producto finamente particulado como son las harinas finales.

Envasado

Antiguamente se ensacaba directamente después del molido, pero debido a la relativamente alta presencia de ácidos grasos altamente insaturados propios del pescado, hay peligro de que se recalienten al oxidarse y puedan polimerizarse. La harina seca y triturada se deja bajo techado, donde se oxidan los restos de aceite.

Cocción

Una de las alternativas en el proceso se encuentra la cocción en la cual existen diferentes condiciones de llevarse a cabo.
Esta operación es compleja, ya que dentro de ella se recogen varias operaciones simples.
Las alternativas tecnológicas de cocción se pueden agrupar en los cinco grupos que se indican a continuación:

- Sistema de fusión húmeda (proceso de presión discontinua).

Sistema de fusión en seco discontinuo (Proceso atmosférico discontinuo, Batch).

- Sistema de fusión en seco continuo (Tratamiento atmosférico continuo, (Stork Duke).
- Proceso atmosférico continuo (Sturd-Duke).
- Proceso continuo a vacío (Cover Greefield).
- Proceso de presión continua (Cover Grefield modificado).
- Sistema de fusión continuo a baja temperatura Alfa Laval, Desmet Wesfalia y Stord Bach.
- · Fusión a baja temperatura y extracción de la grasa con disolventes.

Fusión húmeda

Este sistema se caracteriza por la realización de la fusión de la grasa de forma discontinua en autoclave. Como se representa en el diagrama de proceso, el autoclave o caldera de cocción se llena con las materias primas desmenuzadas, se cierra y se inyecta vapor de agua a presión hasta alcanzar 140ºC y 361 Kpa. de presión. Tras 3 o 4 horas en estas condiciones, se disminuye paulatinamente la presión hasta alcanzar la presión atmosférica.
La grasa fundida escurre por gravedad sin necesidad de energía y la fracción restante se prensa para extraer los restos de grasa líquida. La grasa líquida pasa al proceso de purificación, en el que se separa del agua y las partículas en suspensión mediante centrifugación o decantación.
El sistema de fusión en húmedo implica el calentamiento de la materia prima mediante contacto directo con el vapor de agua dentro del autoclave, y por tanto, el material fundido y los sólidos salen más cargados de humedad que en la fusión en seco. Como el agua debe ser eliminada de los dos productos obtenidos (grasa y harina), este sistema genera caudales superiores de agua residual y precisa de mayores consumos energéticos para su eliminación.
Actualmente existen muy pocas instalaciones con esta tecnología.

Fusión discontinua en seco

La materia prima, triturada en trozos de menos de 50 mm, se introduce por lotes en una caldera de doble pared que se calienta con vapor de agua, de manera que los productos sometidos a fusión no se mezclan con el vapor. Dado que en estos sistemas se aprovecha generalmente la fusión para realizar también la operación de esterilización de las harinas, se deben alcanzar las condiciones de temperaturas en la caldera de al menos 130 ºC a una presión de 3 atm. Durante 20 minutos ininterrumpidos. En la fase final de la operación, las válvulas de la caldera se dejan abiertas para permitir la salida del vapor generado por la materia prima.

Una vez finalizada la fusión, parte de la grasa fluye libremente y los sólidos restantes se dirigen a la prensa para extraer la grasa residual.
Durante la fase de calentamiento, el vapor de agua no se mezcla con la materia prima como pasaba en la tecnología anterior, por lo que se producen dos líneas de vapor de agua con grados de contaminación muy diferente. La primera línea recoge el vapor utilizado en el calentamiento de la camisa de la caldera que tiene un grado de contaminación muy bajo, por lo que generalmente se suelen recuperar los condensados. La segunda línea recoge el agua de la materia prima que se evapora durante la fusión y que cuenta con una carga contaminante alta.
Como durante la cocción se produce una gran pérdida por evaporación del agua contenida en la materia prima, no es necesaria una fase de desecación de los sólidos.

Fusión continúa en seco

El sistema se diferencia del de fusión discontinua en seco en el flujo de material de entrada y salida de la caldera de cocción, y en la presión a la que se realiza la cocción. El flujo de materia prima es continuo y materias primas se procesan a presión atmosférica.
La materia prima picada entra por un extremo de una caldera de doble pared, generalmente horizontal, se calienta en su interior durante un periodo variable, y sale por el otro extremo descargándose sobre un percolador. La materia sólida se prensa para separar la grasa residual y los restos sólidos.
Al igual que en la fusión en seco discontinuo, el vapor de agua de calentamiento no entra en contacto con la materia prima y se consigue un considerable ahorro energético con su reaprovechamiento posterior. Por otra parte, se consigue también la reducción del volumen de vertido de condensados en la fase de fusión.
Al trabajar en continuo se reducen las pérdidas de calor en las labores de carga y descarga, y la operación de fusión tiene una menor duración, consiguiéndose una notable reducción en el consumo de energía con respecto a los sistemas discontinuos.
Dado que durante la fusión no se alcanzan las condiciones de presión requeridas por la legislación, es necesario que el chicharro sufra una esterilización posterior.
Una de las ventajas de los sistemas continuos es que es posible automatizar totalmente el proceso productivo, controlando en todo momento los parámetros

de producción (especialmente la presión y la temperatura), y permitiendo optimizar el consumo energético.

Sistema continuo a baja temperatura

Los sistemas continuos a baja temperatura se denominan también sistemas mecánicos de extracción de agua. Este sistema se utiliza fundamentalmente para la obtención de sebos y mantecas de alta calidad para alimentación. Para la fabricación de harinas es un sistema que está actualmente en desuso debido a las exigencias sanitarias de esterilización de las harinas y a que precisa materia prima de alta calidad.
Las materias primas desmenuzadas pasan a una caldera de cocción húmeda o seca, a baja temperatura (60-90 ºC) durante un periodo relativamente corto (10- 30 minutos) en el cual se produce la rotura de las células y la liberación de parte de las grasas y el agua. El sebo fluido junto con el agua pueden extraerse por presión en una prensa continua, o separarse en sus tres componentes, agua, grasa y sólidos, en una única operación empleando una centrifuga de tres fases.
Sea cual sea el método utilizado para la separación sólido-líquido (filtro prensa o centrífuga de tres fases), los sólidos deben desecarse para eliminar su alto contenido en humedad. El calor residual del vapor utilizado, se recupera prácticamente en todos los sistemas modernos, ya sea para aportar calor a los evaporadores, o para precalentar la materia prima. Las temperaturas relativamente bajas de los sistemas modernos de separación mecánica permiten elaborar una grasa de alta calidad al tiempo que se reduce el consumo de energía en comparación con los métodos de fusión a alta temperatura (0,5 Kg de vapor por cada Kg de materia prima, frente a 1 Kg de vapor de agua por Kg de materia prima).

Separación aceite-solución acuosa

Otra alternativa en el proceso se encuentra en la separación de las fases sólida, acuosa y lipídica por lo general se emplean dos tipos de sistemas:

Para separar las fases sólida, acuosa y lipídica se pueden utilizar dos sistemas:
· Centrífugas
· Decanters

Las centrífugas (concretamente de los modelos de 3 fases) constituyen el sistema de separación tradicional, ya sea utilizando un aparato o varios en serie. Actualmente esta tecnología se está complementando o sustituyendo por decanters, que cumplen la misma función separadora, aunque de forma más efectiva.
El coste de inversión de los decanters es mayor que el de las centrifugadoras. Las decanters pueden ser de 2 ó 3 fases. Las de tres fases permiten separar en una misma operación los sólidos, aceite y agua, mientras que con las de dos fases se separan primero las fracciones sólida y líquida (aceite+agua) y posteriormente se vuelve a hacer otra separación con centrífuga o decanter de aceite y agua.

Actualmente el 85% de las empresas tienen decanters de 2 fases y el resto disponen de decanters de 3 fases.

Concentración de las aguas de cola (stickwaters)

Las industrias reductoras de pescado que realizan la concentración de las aguas de cola para añadirlas posteriormente a las harinas de pescado (70% del total), utilizan el sistema de concentración por evaporación a baja presión y calentamiento del producto.

El realizar esta operación supone:
- un elevado consumo de energía térmica, necesario para realizar la concentración por evaporación
- producción de olores durante la evaporación al arrastrar una serie de substancias volátiles que producen olor, y
- un vertido de agua derivado del condensado de vapores que contienen alguna carga orgánica y olor.

Las mejores Técnicas centran sus mejoras en la optimización del rendimiento energético de la operación de concentración por evaporación mediante la utilización de efectos múltiples.

Evaporación de múltiples efectos

Consiste en el aprovechamiento del vapor que sale de un evaporador en la calandria de un evaporador posterior. El sistema se puede repetirse en el caso de que haya varias calandrias en serie. Al final el vapor es enviado a condensación. Existe además una fase inicial de precalentamiento del producto con el vapor de calentamiento de la calandria.

Secado de la torta

Existen dos sistemas de secado de la torta prensada, el secador tradicional de corriente de aire caliente calentada con llama y el sistema de secado con vapor indirecto. El sistema tradicional es más económico desde el punto de vista energético, que el sistema de secado indirecto, pero con este último se obtienen harinas de mejor calidad debido a que las temperaturas alcanzadas durante el secado son menores.

5.2 Criterios de selección

Para le creación de una planta piloto se debe de considerar los siguientes puntos: características del proceso, características de la materia prima e insumos, características de los proveedores, características de la mano de obra, economía de escala y tamaño óptimo.

Capacidad de la panta

La capacidad de la planta estará fijada por la cantidad de producto terminado que sea desea producir por hora, el cual es de 1000 kg/hr de harina de pescado. Para conocer la cantidad necesaria de materia prima a procesar se utiliza el valor del rendimiento:

$$Materia\ prima\ necesaria = \frac{Producto\ terminado}{rendimiento}$$

$$Materia\ prima\ necesaria = \frac{1000\ \frac{Kg}{hr}}{0.2944}$$

$$Materia\ prima\ necesaria = 3396.73913\ \frac{Kg}{hr}$$

Así se tiene que se necesita 3396.73913 kg/hr de pescado fresco para poder producir una tonelada de harina de pescado, de esta manera ya queda fijado la materia prima que entrara por hora a ser procesada.

Proceso

El proceso anteriormente explicado de manera general, será de tipo semi-automatizado, también al hablar de productos orgánicos se sabe que los equipos deben de ser de acero inoxidable, tal como lo marca las NOM´S esta decisión se tomó ya que lo que se busca con este proyecto es el aprovechamiento de una materia prima aparentemente sin valor alguno, el cual está afectando al ecosistema y a la biodiversidad en nuestro estado, tratando de generar un producto de calidad y con un valor agregado, priorizando generar los empleos de acuerdo a la necesidad de la planta y generando ganancias con la mínima inversión posible, no olvidando de antemano que es muy importante la seguridad dentro del área de trabajo por lo cual será en gran medida automatizada y en ciertas operaciones dentro del proceso será necesario la intervención de personal, se ha comparado plantas de tamaño similar y con tecnología semejante para conocer las posibles necesidades de la planta.

Materia prima

Deterioro de materia prima

El pescado crudo es un recurso fácilmente alterable y cuando el tiempo que transcurre entre la captura y su procesamiento es largo se producen una serie de transformaciones en los componentes más importantes del pescado como son las proteínas y la grasa. La degradación de la materia prima es un proceso bioquímico que básicamente depende de la temperatura. La mayor o menor descomposición del pescado se manifiesta en cambios físicos (ablandamiento de textura, pérdida de líquidos, cambios de coloración, olor, etc.) y cambios químicos (formación de compuestos tóxicos y aumento del nitrógeno básico volátil) que dificultan el proceso de elaboración y disminuyen la calidad del producto final (Zaldívar, 1992; Au Díaz, 1996).

Este proceso se inicia en el momento de la captura, por acción de enzimas propias del pescado (tisulares y digestivas) que continúan su acción después de la muerte provocando la autodigestión o autólisis. Las vísceras del pescado contienen enzimas proteolíticas y lipolíticas que pueden producir la ruptura de la cavidad abdominal, ablandamiento del músculo y pérdida de grandes cantidades de líquido, que arrastra aceite y proteínas. Los cambios principalmente observables en el músculo del pescado, debido a procesos autolíticos, son el desarrollo y terminación del rigor mortis (Lupín, 1987).
Cuando la piel y el peritoneo pierden su capacidad de impedir el paso de microorganismos, comienza la invasión microbiana del músculo (inicialmente estéril) a partir de la contaminación inicial en piel, agallas y cavidad abdominal, donde el sistema sanguíneo se convierte en una fuente interna de contaminación. Esto trae como consecuencia la presencia de nuevos sistemas enzimáticos que causan las siguientes reacciones de degradación de los compuestos musculares:

En primer lugar, se produce una rápida utilización y metabolismo de los compuestos de bajo peso molecular como aminoácidos libres, OTMA, dipéptidos, ácidos grasos, etc. que da lugar a cambios observables como olor a aldehídos y cetonas y aumento del nitrógeno básico volátil (NBV). Cuando la concentración de estos compuestos disminuye los microorganismos comienzan a utilizar los de alto peso molecular por acción de proteasas y lipasas específicas y así:
Las proteínas sufren una hidrólisis parcial con formación de polipéptidos y aminoácidos y a su vez los aminoácidos obtenidos pueden sufrir reacciones de decarboxilación, desnitrificación, etc. que conducen a la formación de compuestos no deseados, tóxicos y malolientes como amoníaco, metano, ácido sulfhídrico y aminas piógenas. La materia prima llega así, obviamente, a un estado de putrefacción.
La materia grasa sufre un proceso parcial de hidrólisis generando ácidos grasos y a partir de estos aldehídos y cetonas. Se produce así rancidez biológica de la materia grasa presente en el pescado.
Otro mecanismo de deterioro de la materia grasa es por rancidez química o autoxidación, que ocurre por acción del oxígeno del aire. Es un proceso puramente químico y es acelerado por factores tales como, la luz, el calor y

metales pesados (Fe y Cu). Una vez que este proceso se inicia ocurre una reacción en cadena con velocidad creciente y con formación de peróxidos, hidroperóxidos, compuestos cetónicos y otros de cadena corta, que además de ser tóxicos, provocan olores y sabores desagradables. Este es un proceso aeróbico, por el cual los lípidos subcutáneos del pescado pueden oxidarse fácilmente, sin embargo, no constituye una vía de alteración importante en el almacenamiento del pescado a granel donde se dan condiciones de anaerobiosis (Windsor y Barlow, 1983; Lupin, 1987; Zaldívar, 1992 y 1994a).

Materia prima a utilizar

La materia prima para la elaboración de la harina de pescado se usara pez diablo pescado de playas de Catazajá, este debe ser un pescado de buen tamaño, fresco y de buena calidad, para así poder obtener de una harina de buena calidad y tener un buen rendimiento durante el proceso, como proveedores de la materia prima se empleara a pescadores de la zona para realizar la pesca, fomentando así la pesca local, generando empleos e impulsando la economía de la zona, la materia prima debe ser pescado con poco tiempo antes de su procesamiento debido a su pronta descomposición y debe ser almacenada en un medio frio (hielera, refrigeración, hielo, etc.) antes de su destino final en la planta, debe de existir un apoyo de inversión en herramientas y equipos (lanchas, redes, hieleras, etc.) hacia las personas interesas en proveer de materia prima, para así garantizar el abasto de la misma, una buena comunicación entre ambas partes en el inicio de la cadena productiva es muy importante para obtener el producto deseado y alcanzar los objetivos y logros mutuos.

Proveedores

Los proveedores de equipos y tecnología se buscara una proceso semi-automatizado, ya que lo que se busca es generar empleos y tener costos de inversión que puedan ser factibles en un inicio, para seleccionar los proveedores se deberá elegir aquellos que ofrezcan la mejor calidad en material y diseño de los equipos así como una garantía de los mismo, también deben de ofrecer un buen costo de flete e instalación, facilidades de crédito y costo total por equipo, para eso se evaluara los posible panoramas en la ingeniería de proyecto, con diferentes proveedores a diferentes años, con los distintos intereses anuales que manejan, realizando así una proyección y poder ver si es un proyecto rentable o no, dependiendo del panorama o caso de estudio realizado, de esta manera se buscara y elegirá la mejor opción en el mercado de proveedores nacionales e internacionales para el proyecto.

5.3 Selección de proceso

Ya mencionado la diferencia en la aplicación de la tecnología dentro del proceso y conociendo las ventajas y desventajas que implican el uso de ciertas operaciones en distintas condiciones de operación o en el tipo de sistema de cada una, en base a los criterios ya establecidos y después de analizar los pros y contra de cada uno de ellos, se llega a la selección de del proceso.

Para el proceso de elaboración de la harina de pescado se seleccionaron las siguientes operaciones y equipos:

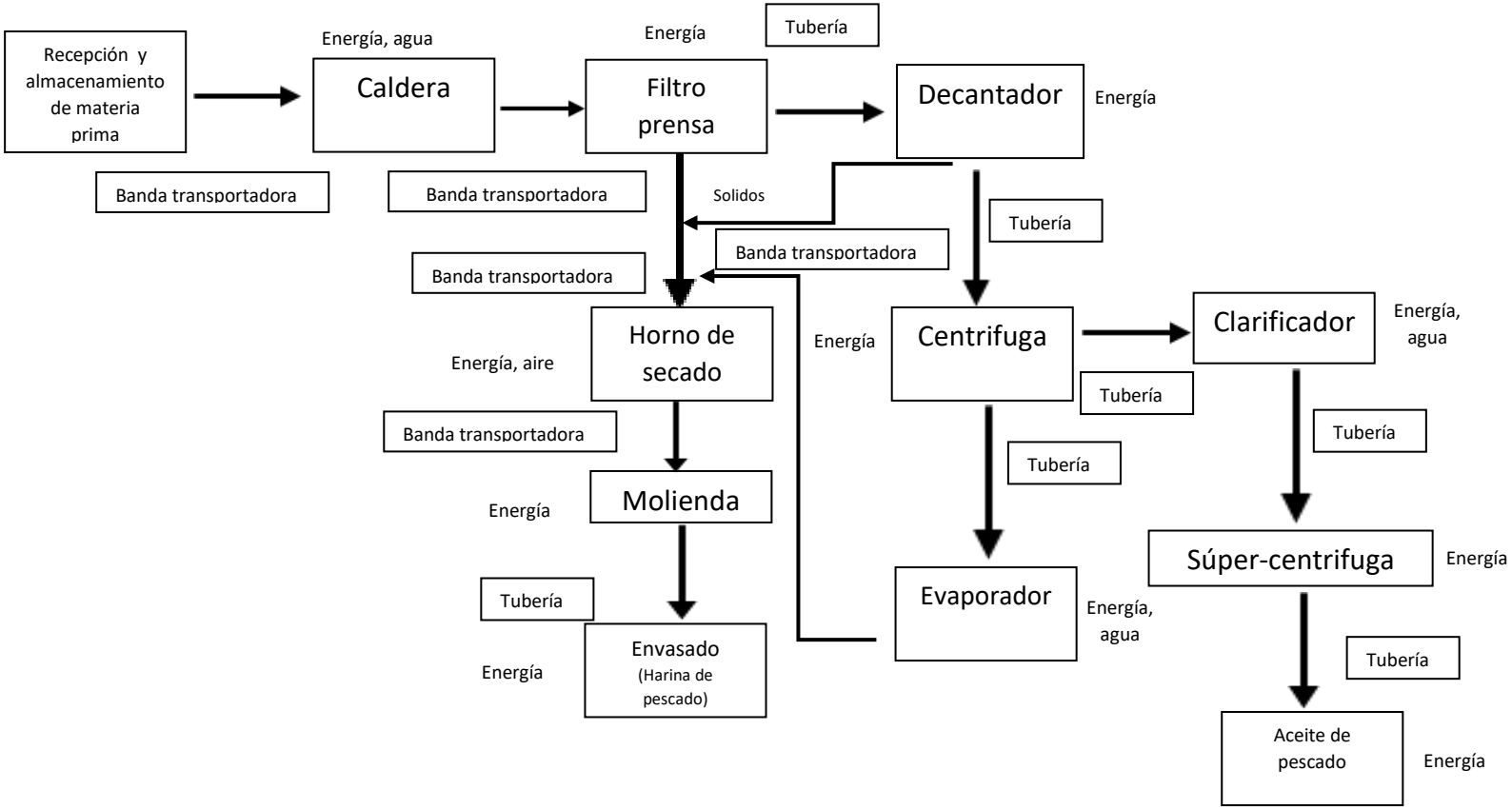
- Caldera con sistema de fusión continua en seco
- Filtro prensa tipo tornillo
- Decantador - centrifugado para separación de aceite y líquido de cola
- Centrifugadora 5000-7000 rpm
- Súper-centrifugadora 10000-14000 rpm
- Evaporador de triple efecto
- Secador continuo tipo rotatorio
- Molienda por molino de martillos

Los equipos necesarios y que complementaran el proceso son:

- Tanques de recepción y pesaje de materia prima
- Cuarto frio para el almacenamiento de materia prima
- Tanque de almacenamiento de materia prima
- Bandas transportadoras para transporte de materia prima
- Enfriador
- Transporte neumático para harina de pescado
- Silo de harina de pescado
- Equipo de envasado

En el siguiente punto se explicara más a detalle cada etapa del proceso.

Diagrama de bloques



5.3.1 Recepción de materia prima

El proceso productivo se inicia una vez que la planta ha recibido la materia prima, la cual ha sido transportada en contenedores desde el lugar de origen de la materia prima, una vez recibida la materia prima a la planta, inicia desde donde se pesa y se descarga en los pozos o tanques de almacenamiento para ser posteriormente procesada.

Una vez recepcionada se realizan los controles de laboratorio necesarios para conocer las condiciones en que se encuentra la materia prima, de modo de poder determinar su forma de almacenamiento, los parámetros operacionales del proceso y estimar su rendimiento. Generalmente se mide la composición (humedad, proteínas, grasa y cenizas), el grado de frescura según el contenido de NBV (Nitrógeno Básico Volátil) Y la acidez libre de la materia prima (FAO, 1986; Au Díaz, 1996b).

Dentro de la planta se tendrá una zona de desembarque de materia prima donde habrá personal que recibirá y almacenara el pescado en un cuarto frio, la temperatura a la que se almacenara será de -4 °C por lo cual se debe de tener el equipo adecuado para el acceso a esta zona.

5.3.2 Cocción

La cocción será el inicio del proceso, el flujo de materia prima es continuo y materias primas se procesan a presión atmosférica se alimentara la línea de operación mediante a una tolva, la cual estará comunicada por bandas transportadoras, la cadera con enchaquetado se calienta en su interior durante un periodo de 40 min, mediante vapor a 100 °C generado de una caldera y saldrá por el otro extremo descargándose sobre un percolador. El vapor de agua de calentamiento no entra en contacto con la materia prima y se consigue un considerable ahorro energético con su reaprovechamiento posterior.
La cocción tiene tres objetivos: esterilizar, coagular proteínas y liberar los lípidos retenidos en la materia prima.

El calor aplicado detiene la actividad microbiana y enzimática responsable de la degradación del pescado, logrando así su esterilización. Por tanto, una buena cocción asegura la calidad microbiológica del producto final siempre que se mantengan las condiciones higiénicas sanitarias en el resto de la línea de producción. Asimismo, el calor produce la desnaturalización de las proteínas y su posterior coagulación, que provoca la ruptura de la membrana celular que da lugar a la liberación del agua fisiológicamente ligada y de los lípidos retenidos. De esta manera se facilita la separación de estos componentes en la etapa siguiente de prensado (Windsor y Barlow, 1983; Au Díaz, 1996b).

En cuanto al proceso de desnaturalización, las proteínas pueden formar coágulos con mínima solubilidad o bien un gel, cuya solubilidad es máxima. Ambas alternativas dependen principalmente del pH y la formación de gel es desfavorable en el proceso de reducción, ya que dificulta las etapas posteriores de separación. La desnaturalización será entonces ideal, es decir que las

proteínas coagularán, cuando el pH corresponda al *punto* isoeléctrico (punto enque las cargas de las proteínas y la fuerza de repulsión entre moléculas es mínima).

Sin embargo, el punto isoeléctrico de la materia prima depende de la especie, frescura, estado o nivel de desarrollo, etc. y generalmente es desconocido.

Así:

Si la cocción es incompleta, la eliminación de agua y aceite en el prensado no serásatisfactoria. Dará un producto de alto contenido graso y bajo rendimiento en aceite; además la cantidad de agua a extraer en la etapa de secado será mayor.

Si la cocción es excesiva, la textura de la masa será demasiado blanda y quedará mayor proporción de partículas sólidas en el líquido de prensado dificultando el proceso posterior de evaporación de este líquido (Burgess, y colab., 1978; Windsor y Barlow, 1983).

5.3.3. Pre-estruje y prensado

La cocción permite liberar una proporción importante de líquidos celulares, más del 60% del total de la materia prima en condicione óptimas, formados por agua, aceite y sólidos disueltos, que luego se separan por prensado (Windsor y Barlow, 1983). La eficiencia de la etapa de prensado se puede mejorar drenando parte del líquido de cocción en un tamiz vibratorio y/o tornillos antes de entrar a la prensa. El líquido drenado se colecta para tratarlo luego con el licor de prensa (Ferrando Grasso, 1973; FAO, 1986).

El prensado mecánico del pescado proveniente del cocedor y tiene por objeto eliminar la mayor cantidad de agua, para permitir un secado lo más económico posible, y extraer el aceite contenido en el pescado, el cual no se elimina en ninguna etapa posterior del proceso y condiciona la calidad y el precio del producto final. La obtención de una buena torta de prensado depende fundamentalmente de la calidad de la materia prima y de las condiciones en que se haya realizado la cocción. Con una cocción óptima la materia prima puede ser sometida a la presión, relativamente alta, que se requiere para separar eficientemente el aceite (FAO, 1986). Cuando se trabaja con materia prima de mala calidad, especialmente la que ha sufrido alteración enzimática de sus proteínas que la ha transformado en un producto semilíquido dificil de prensar (se rompen los enlaces peptídicos y las cadenas proteicas resultantes son más cortas, tienen menor capacidad de enlazarse y formar una masa firme durante la coagulación), se obtendrá de la prensa una torta de consistencia blanda y un líquido muy pastoso. En estos casos, a veces sólo la adición de formaldehído puede ayudar a mejorar la consistencia. Por otro lado, el uso de materia prima extremadamente fresca, también puede ocasionar inconvenientes en el prensado por resultar demasiado dura. Por esta razón se debe esperar que la pesca supere el *rigor mortis* antes de ser prensada (Windsor y Barrow, 1983; Au Díaz, 1996 b). Un prensado insuficiente dará como resultado harinas con alto

contenido graso, 12-14%, tenor que dificulta su manipulación y almacenamiento (Ferrando Grasso, 1973).

La operación se desarrolla en una prensa de tomillo continua, de tomillo único o, más comúnmente en una de doble tomillo que consiste en dos tomillos, ambos cónicos y con paso de rosca decreciente, que giran en direcciones opuestas engranados el uno en el otro. Los dos tomillos se encuentran dentro de un cilindro común, de malla perforada y de forma adecuada. El pescado cocido es transportado a lo largo de éstos y sometido a una presión creciente a medida que avanza, ya que entra por la parte más fina del tomillo y va hacia la más ancha, de manera que se reduce gradualmente el espacio libre para el paso de la carga. El líquido exprimido escapa a través de las perforaciones y la torta sale por el extremo final del tubo (Burgess y colab., 1978; FAO, 1986). De esta manera, se obtiene una torta de prensa, correspondiente a 1/3 del pescado cocido, que contiene alrededor de un 50% de humedad, un 3-5% de aceite y el resto es materia seca compuesta por proteínas insolubles, huesos, etc. El licor de prensa obtenido corresponde a los 2/3 de pescado restante y suele ser tratado posteriormente por centrifugación (Windsor y Barlow, 1983).

Los parámetros que afectan el proceso de prensado son: la presión aplicada, la velocidad y la temperatura. Estos deben ser adecuadamente ajustados de acuerdo al tipo y condiciones de materia prima con que se trabaje (Au Díaz, 1996 a, b).

Temperatura: afecta directamente la viscosidad del aceite, que debe ser mínima para facilitar la separación de éste desde la pasta. Se recomienda prensar en caliente para lograr una separación óptima.

Presión y velocidad: están relacionadas con la operación mecánica requerida y una combinación adecuada de ambas permite soportar eficientemente a la matriz la mantención de los coágulos y eliminación de licores. La velocidad de la prensa a aplicar debe ser baja, cuando se trabaja con pescados grasos, ya que un alto contenido de aceite hace que la masa resbale a velocidad moderada sin producir adecuado prensaje.

5.3.4 Decantación

Es una centrífuga de eje horizontal cuya finalidad es la sedimentación de los sólidos insolubles del licor de prensa. El equipo logra la separación en un tiempo de 2 a 4 segundos, por aumento artificial de la fuerza de gravedad (de 1.500 a 5.000 veces la normal). Consiste en una carcasa que gira a gran velocidad, alrededor de 3000 r.p.m., que contiene dentro un sinfín transportador que gira a una velocidad ligeramente mayor retirando los sólidos que por acción de la fuerza centrífuga se depositan en las paredes de la carcasa y los lleva hasta la salida. De esta manera se separa una fase sólida llamada "torta del decantador" o "torta decanter", la cual se agrega a la torta de prensa y sigue su camino a los secadores y una fase líquida llamada "licor del decantador" o "licor decanter",

formado por grasa y agua fundamentalmente, que se envía a las separadoras centrífugas (Au. Díaz, 1996 a, b).

La eficiencia de esta operación dependerá en primer lugar, de las etapas anteriores, que determinan el tamaño de las partículas sólidas (las partículas más grandes sedimentan más rápido). Además la temperatura influye fuertemente en la viscosidad y ésta en la velocidad de sedimentación. Por lo tanto, para que la separación tenga éxito es necesario recalentar el licor antes de alimentar el equipo a una temperatura de 95°C, ya que se produce una disminución de su temperatura entre el prensado y transporte al decantador.

5.3.5 Centrifugación

El licor decanter, rico en aceite, se procesa en centrífugas generalmente del tipo de discos verticales, las cuales separan el aceite del "agua de cola" (compuesta por agua y sólidos solubles). Estos equipos utilizan el mismo principio que el decantador, la fuerza centrífuga, separando las dos fases por diferencia de densidad. La velocidad de rotación es de unas 6.500 r.p.m. y proporcionan una fuerza gravitatoria entre 4.000 y 10.000 veces más alta que la fuerza de gravedad (McCabe y colab., 1991; Au. Díaz, 1996 a). De las separadoras se obtiene "agua de cola", que se envía a la planta de evaporación y aceite, el cual se somete a una segunda etapa de separación, se clarifica. Se separa también en esta operación una tercera fracción formada por los sólidos insolubles arrastrados de los procesos anteriores. Estos sedimentan en el interior del equipo, desde donde deben ser removidos en forma periódica manualmente o en forma automática en los equipos más modernos (Au. Díaz, 1996 a, b). La separación en esta etapa también depende de la viscosidad, razón por la que se debe trabajar a temperaturas cercanas a los 95°C (Madrid y colab., 1994; Au. Díaz, 1996 a, b).

5.3.6 Clarificación

El aceite obtenido de las separadoras se calienta nuevamente a 95°C, se mezcla con una fracción de agua caliente y se hace pasar por supercentrífugas verticales (12-14.000 r.p.m) para eliminar por completo los sólidos y la fracción acuosa, logrando así su estabilidad durante el almacenamiento. Una vez clarificado se almacena en tanques limpios y secos, siendo ésta la última manipulación que suelen sufrir los aceites en una fábrica de harina de pescado (Ferrando Grasso, 1973; Windsor y Barlow, 1983).

5.3.7 Evaporación

El agua de cola proveniente de las separadoras, con un contenido de sólidos del 7-8 % que corresponden casi en su totalidad a proteínas solubles y algo de minerales, vitaminas, aminas, sólidos en suspensión y aceite residual (menos del 1%, dependiendo de la eficiencia del proceso de separación) se concentra hasta un 30-50% a fin de eliminar el agua acompañante y recuperar los sólidos (FAO, 1986; Madrid y colab., 1994).
El concentrado puede comercializarse como tal bajo el nombre de "concentrado de solubles de pescado" o adicionarse a la torta de prensa antes de ingresar a la etapa de secado para obtener "harina integral o completa", de mayor contenido proteico que una harina común (Ferrando Grasso, 1973; Burgess y colab., 1978; Windsor y Barlow, 1983).
Más del 20% de la harina final proviene del agua de cola, por lo que vale la pena su recuperación (Windsor y Barlow, 1983). Sin embargo muchos productores prefieren eliminada del proceso como efluente para evitar posibles problemas en el producto final por formación de histamina en esta etapa (Gallo Seminario, 2002), ya que si no se toman precauciones especiales el agua de cola entra rápidamente en putrefacción cuando se deja enfriar y se almacena antes de ser evaporada. Por esta razón, si va a ser procesada, es necesario evaporada tan pronto como se obtiene e inmediatamente enviada a secar junto a la torta de prensa, pero cuando se comercialice como concentrado es necesario agregar algún conservante que permita almacenada cierto tiempo antes de su evaporación, generalmente se usan ácidos minerales para reducir el pR. En tal caso se deberá centrifugar nuevamente antes de ser concentrada para recuperar las proteínas que hayan coagulado por acción del ácido (Burgess y colab., 1978; Zaldívar, 1992).

La concentración se efectúa en evaporadores de múltiples efectos, generalmente de tres efectos (figura 7). Estos equipos están compuestos básicamente de: intercambiador de calor, que provee el calor sensible y latente de evaporación del líquido alimentado, un separador, donde el vapor se separa de la fase líquida concentrada y un condensador en el último efecto, para condensar el vapor y eliminado del sistema (Au Díaz, 1996 a, b).

El medio calefactor de la primera etapa puede ser vapor proveniente de la caldera o vapor de desecho generado en los secadores y las etapas siguientes se calefaccionan por el vapor generado de la concentración de los efectos anteriores (Au Díaz, 1996 a, b). En general, se recomienda el uso de equipos que trabajen a presiones reducidas para evitar que se produzca daño térmico del líquido a concentrar.

5.3.8 Secado

El secado se llevara a cabo en un horno rotatorio y será calentada por convección de aire calienta a una temperatura de 90 °C, v durante 38 minutos.

El proceso de secado consiste en deshidratar la torta de prensa, torta del decantador y solubles concentrados, unidos y homogeneizados previamente, desde un 45-60% de humedad hasta un 6-10% de humedad en la harina. De esta forma se obtiene un producto estable frente a posibles alteraciones enzimáticas y microbianas que permita ser almacenado durante períodos prolongados en condiciones ambientales con pérdida mínima de sus propiedades sensoriales y nutritivas. Además, al deshidratar se logra reducir el volumen del producto, lo cual ofrece ventajas para su manipulación y transporte (Windsor y Barlow, 1983; FAO, 1986).

Para separar el agua de los sólidos presentes en la torta, se debe proveer energía suficiente para: superar las fuerzas de interacción entre las moléculas de agua del sustrato no acuoso y las otras moléculas de agua y para retirar luego el vapor de agua generado (Au Díaz, 1996 b). Durante el proceso de cocción se logra romper los enlaces moleculares que soportan las moléculas de agua cuya pérdida se incorpora a la estructura gel de la carne (proteínas) y la cual no podría ser removida posteriormente por fuerzas mecánicas (centrifugación o estruje) sin previa cocción. Este proceso afecta sólo a las tres cuartas partes del agua inicialmente presente, mientras que el agua restante consiste principalmente en moléculas que se encuentran situadas junto a las moléculas de proteína. Se cree que las moléculas de agua que están junto a la superficie de las proteínas se encuentran sujetas por interacción de grupos hidróxidos superficiales (OH) y dos átomos de hidrógeno, formando la llamada "monocapa",mientras que el resto del agua (el agua a eliminar) forma capas secundarias, terciarias, etc. alrededor de esta. De esta manera la energía aplicada, para romper las fuerzas de enlace, actúa primero en la multicapa externa y de ahí hacia adentro hasta alcanzar hipotéticamente la monocapa, si dicha energía es suficiente (Au Díaz, 1996 b).

Las moléculas de agua que forman la monocapa protegen a las proteínas y constituyen en peso aproximadamente un 10% de éstas, valor que debería coincidir con el mínimo de humedad permisible para la harina de pescado. Por esta razón, si el contenido proteico de la harina es por ejemplo del 70%, el agua de la monocapa debería alcanzar un 7%. Un contenido de humedad final en la harina inferior a este valor, aseguraría un daño en las moléculas de proteína y pérdida de calidad nutricional de la harina, además de suponer un gasto adicional de combustible. Por el contrario, un contenido de humedad superior a dicho porcentaje, no aseguraría que las proteínas se mantengan intactas durante el almacenamiento del producto, debido al posible desarrollo microbiano (Au Díaz, 1996 b; Cood y Zaldívar. 2000).

5.4.9 Enfriamiento

Una vez seca, la harina se encuentra con la humedad deseada pero a una temperatura no conveniente para ser inmediatamente molida y envasada. Si se muele en caliente existe el peligro de que se produzcan incendios, principalmente cuando se trata de harinas ricas en aceite (10%) en las cuales la oxidación de éste genera una cantidad adicional de calor apreciable. Además el producto es un tanto adherente y aparte de necesitarse más energía para molerlo tendería a formar masas dentro de los sacos (Burgess y colab., 1978). Por lo tanto la harina debe ser enfriada bruscamente, desde aprox. 70°C hasta 25-30 °C, a fin de lograr una estabilización primaria del producto obtenido (Zaldívar, 1994 a).
El enfriamiento se puede llevar a cabo en equipos similares a los secadores donde el tratamiento térmico busca una reducción de la temperatura por algún sistema tipo transporte por fluidización con aire frío o mediante transportadores largos de tomillo sin fin, para el traslado de la harina hasta el lugar de envasado que permitan su enfriamiento en el camino (Ferrando Grasso, 1973; Burgess y colab., 1978; Zaldívar, 1994 a).

5.4.10 Molienda y envasado

Antes de ser molido, el producto pasa por un tamiz de vibración y un separador magnético, para eliminar material extraño como, trozos de madera, piedras, anzuelos, clavos, etc. que pueden dañar los equipos de molienda y huesos que producirían un aumento en el contenido de cenizas de la harina.
La finalidad del proceso de molienda es producir un polvo homogéneo, exento de sustancias extrañas, con buen aspecto, de fácil transporte y que pueda incorporarse sin dificultad al resto de los componentes de la ración. El tamaño de las partículas a elaborar depende de los requerimientos del cliente y en general se busca que el tamaño de partículas de una misma harina no tenga una variación relativamente grande. Además resulta aconsejable una baja proporción de partículas muy finas por varias razones: producen polvo cuando se las manipula; se escapan de los sacos de arpillera produciendo pérdida de peso y contaminación, provocan aglomeración de la harina a granel y pueden a obstruir los tabiques nasales de los animales que comen el pienso (Windsor y Barlow, 1983; FAO, 1986).
Existen en el mercado varios sistemas de molienda en seco pero los molinos martillo resultan especialmente adecuados para la harina de pescado por su gran capacidad y fácil acceso para su limpieza. La molienda se produce por el fuerte impacto de la harina con martillos que giran a gran velocidad en tomo a unos cilindros horizontales o verticales. El molino dispone de unas placas perforadas, con orificios de diferente tamaño de acuerdo a la granulometría del producto deseada, por donde sale la harina del molino (Windsor y Barlow,1983; FAO, 1986).

5.4.11 Almacenamiento

Las condiciones de almacenamiento de la harina deben ser estrictamente controladas, para que el producto no se dañe y se mantenga estable por un tiempo prudencial. Para esto, es necesario mantener una buena ventilación de la harina recién elaborada a fin de facilitar la oxidación inicial del aceite residual, la temperatura ambiente no debe superar los 35°C y se deben evitar los focos de humedad que faciliten la proliferación de hongos.

La harina de pescado se almacena y comercializa de las siguientes formas:

a) En bolsas: Las bolsas pueden ser de papel, plásticas o de arpillera. Las más utilizadas son de 50 Kg., plásticas o de papel multicapas recubierto de polietileno, ya que ofrecen una buena protección a la contaminación microbiana y barrera a la penetración de oxígeno y vapor de agua de la atmósfera. La harina molida y envasada se apila en depósitos de almacenamiento con buena ventilación y una humedad y temperatura ambiente adecuada (FAO, 1986; Cood y Za1dívar, 2000).

b) A granel: almacenada en silos especiales en forma de pellets o polvo. También puede almacenarse en bodegas o patios de almacenamiento, donde debe tenerse mucho cuidado con las condiciones de higiene, principalmente evitar la posibles infecciones por Salmonella (FAO, 1986).

c) En contenedores: de capacidad de 20 toneladas, donde se deposita la harina en bolsas o a granel mediante la utilización, en el interior del contenedor, de un recubrimiento plástico sellado que permite almacenada de esta forma. Este sistema ha cobrado gran importancia en los últimos años debido a las ventajas que presenta en cuanto al transporte (en buques porta-contenedores) y facilidad de almacenamiento en puerto de la harina, permitiendo su estiba en forma rápida y directa sin dejar el producto expuesto a condiciones climáticas ya manipulación (Bu1nes, 1995; Cood y Za1dívar, 2000).

5.5 Mano de obra e insumos

La mano de obra empleada será de acuerdo al personal utilizado en plantas de similar tamaño y con un procesamiento similar, en la planta estará dividida la mano de obra indirecta y directa.
El proceso será del tipo semi-automatizado, en algunas partes del proceso estará automatizado en su totalidad, como la parte de seccionamiento o triturado, cocción, prensado, centrifugado, evaporación, molienda y en otra parte podrá intervenir en el proceso personal debidamente capacitado, como es en secado, el enfriado y envasado de producto terminado. Estos factores limitaran el número de empleados que trabajaran en la planta, también debido a la capacidad se trabajara en dos turnos de ocho horas cada uno, siendo un total 3 operadores por turno, otra punto importante será el control de calidad donde habrán dos ingenieros bioquímico trabajando uno para cada turno, un ingeniero mecánico para mantenimiento y arreglos de maquinarias y equipos, un ingeniero químico supervisara cada turno, y un gerente general encargado de la planta, siendo así un total de

Mano de obra indirecta:

- Pescadores
- Personal de limpieza (1 p/turno)
- Personal de desembarque de materia prima (2 personas p/turno)
- Personal de embarque de producto terminado (2 personas p/turno)

Mano de obra directa:

- 3 operadores p/turno
- 1 IB p/turno
- 1 IQ p/turno
- 1 Ing. Mecánico
- 1 Ing. Eléctrico
- 1 IQ encargado de la planta

Siendo así 9 trabajadores por cada turno y más tres encargados de la supervisión y mantenimiento, dando un total de veintiún trabajadores laborando dentro de la planta

Insumos

Para poder procesar el pez diablo se debe de estimar las cantidades de los diferentes insumos necesarios, los cuales abarcaran desde el inicio de proceso hasta la entrega del producto ya envasado, los insumos necesarios son:

- Hielo
- Bolsas de polipropileno con estampado en presentaciones de 20 y 50 kg
- Hilo de polipropileno para sellado de bolsas

5.6 Subproducto obtenido

Actualmente el aceite de pescado es un producto industrial de alto valor nutricional por su contenido de ácidos grasos omega-3 de cadena larga; eicosapentaenoico (C20:5, EPA), docosapentaenoico (C22:5, DPA) y docosahexaenoico (C22:6, DHA). Estos ácidos grasos, particularmente el EPA y el DHA, son hoy día altamente valorados por sus propiedades profilácticas y terapéuticas, en diversas situaciones nutricionales y enfermedades, lo que ha sido ampliamente demostrado por la literatura científica y médica (1, 2, 3). El aceite de pescado es la fuente primaria, y quizás la más abundante, de estos ácidos grasos, lo cual actualmente ha creado una gran demanda de este insumo. Sin embargo, esto no ha sido siempre así, ya que en los últimos años el destino y la demanda del aceite de pescado han cambiado radicalmente. El motivo de este trabajo es describir lo que ha ocurrido en el tiempo con este importante producto.

El principal uso actual del aceite de pescado hoy en día es en la industria acuicultora, principalmente en la salmonicultura (salmón y trucha), la que ha alcanzado altos niveles de producción en países como Noruega, Chile, Canadá, Escocia, entre los países con mayor actividad en este rubro. Esta actividad consume el 76% de la producción de aceite de pescado, demanda que es cada vez más creciente.

Actualmente la demanda de aceite de pescado supera la oferta, con lo cual este ha alcanzado precios muy altos en el mercado internacional. Como ejemplo, durante la década de los 80 y 90 la tonelada de aceite de pescado se transaba en U$ 300-400 y aún menos. Hoy día ese mismo producto se comercializa en U$ 1.300-1.400/ tonelada, habiendo alcanzado en algunas épocas valores superiores a U$ 1.800/tonelada.

El aceite de pescado es hoy día un valioso producto de alto valor nutricional. Pero esto no fue siempre así; el aceite de pescado originalmente fue considerado un “segundo producto” de la fabricación de la harina de pescado, un producto de gran importancia en la nutrición animal. Este segundo producto, que se desechaba inicialmente, comenzó a ser utilizado en la fabricación de pinturas, barnices, resinas, entre otros y también esporádicamente como combustible. Más tarde comenzó a utilizarse en la fabricación de mantecas y margarinas, previa hidrogenación y posteriormente en la preparación de aceites comestibles mezclado semi-hidrogenado y fraccionado en diferentes proporciones con aceites vegetales. Sin embargo, el descubrimiento de las propiedades benéficas de los ácidos grasos omega-3 que los aceites marinos contienen en alta proporción y su utilización en la preparación de alimentos para la acuicultura, particularmente la del salmón y trucha, ha transformado al aceite de pescado en un producto escaso, de alto valor comercial y de creciente demanda por sus propiedades nutricionales.

5.7 Servicios auxiliares

Es una de las áreas claves para mantener la operación óptima y continua de la planta, son imprescindibles y a menudo una clave para alcanzar el buen desarrollo y los objetivos empresariales.
Los servicios auxiliares se deben colocar cerca de donde se van a utilizar.
Tipos de servicios auxiliares.
• Agua.
•Vapor de agua.
• Aire comprimido.
• Combustible.
• Gases.
• Climatización.
• Electricidad.

Vapor

El término vapor se refiere estrictamente a aquel gas que se puede condensar por presurización a temperatura constante o por enfriamiento a presión constante. El estado de vapor es el estado en el que se encuentra un gas (estado de la materia en el que las moléculas que la forman no reaccionan entre sí formando enlaces moleculares, sino que tienden a repelerse mutuamente, adoptando la forma y el volumen del recipiente quelas contiene y tendiendo a separarse, esto es, expandirse, todo lo posible) cuando se encuentra por debajo de su temperatura crítica.

Equipo que lo suministra:

La caldera, en la industria, es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a vapor saturado. Es común la confusión entre caldera y generador de vapor, pero su diferenciaes que el segundo genera vapor sobrecalentado.

Combustibles

Los combustibles son esencialmente sustancias susceptibles de "arder", no obstante la existencia de un gran número de especies que poseen dicha propiedad, los combustibles son mezclas o combinaciones de unos pocos elementos, principalmente carbono e hidrógeno, sea en forma libre o combinada en forma de hidrocarburos.
Los combustibles son muy importante pues son los que proporcionan energía calorífica a las caldera y a diversos equipos como hornos, existe una amplia variedad de tipos de combustibles desde estado solidos desde hasta gaseoso.
En este caso se eligió gas LP como combustible debido a su fácil acceso a él, a su cómodo manejo y poco espacio y servicios que requieres.

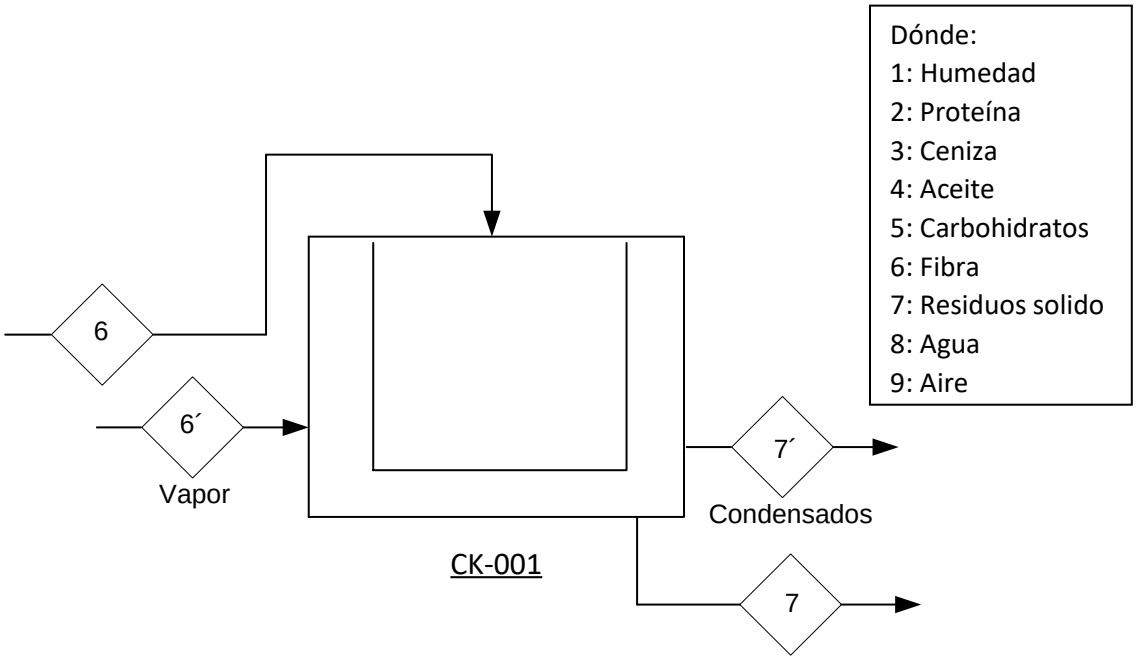
6. Balances de materia y energía

El balance de materia y energía es de gran importancia ya que aquí es donde se observa la secuencia de operaciones unitarias y equipos dentro de un proceso, se trata de representar mediante cálculos y esquemas, de manera lógica y secuencial lo que va ocurriendo durante el proceso, va acompañado de las corriente de entradas y salidas en cada uno de las operaciones unitarias y el valor del flujo de materia y energía de cada equipo de proceso y sus corrientes, así como las condiciones de operación y las claves de cada equipo.

6.1 Balances parciales y generales de materia

A continuación se presentaran las memorias de los balances de materia y energía de las distintas operaciones unitarias y equipos, así como el balance general de matera y energía del proceso.

<u>Caldera de fusión en seco</u>



Se utilizara la siguiente nomenclatura en las corrientes la letra F representara a las corrientes de entradas y salidas de dicha operación unitaria, el siguiente será el número que representara a la corriente corresponde, por ejemplo F6 corresponde a la corriente de entrada de la caldera de fusión en seco, para los componentes de las diferentes corrientes se agregara un punto y seguido el componente al que corresponde por ejemplo F6.1 es el flujo de humedad en la corriente 6. Las fracciones se representara con una X seguida del número de la corriente y del componente al que corresponde por ejemplo X64 representa las fracción másica de aceite en la corriente 6.

La composición del pescado es:

Componente	Media (%)
Proteína	15.1594436
Húmeda	71.4013621
Cenizas	9.6292322
Grasa	3.68069674
Carbohidratos	0.0147236
Fibra cruda	0.10893371
Total	100

Balance de materia

$$\boldsymbol{F6 = F7}$$

$$\boldsymbol{F6} = 3396.73913\ \frac{Kg}{hr}$$

Balance por componente

$$m1 = \boldsymbol{F6 * X61} = (3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .7140) = 2225.271739\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m2 = \boldsymbol{F6 * X62} = (3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .1515) = 514.6059\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m3 = \boldsymbol{F6 * X63} = (3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .0962) = 326.7663043\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m4 = \boldsymbol{F6 * X64} = (3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .0368) = 125\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m5 = \boldsymbol{F6 * X65} = \left(3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .000147\right) = .4993206521\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m5 = \boldsymbol{F6 * X65} = \left(3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .001089\right) = 3.699048913\ \frac{Kg}{hr}$$

Balance de energía

$$\boldsymbol{Q = m * Cp * \Delta T}$$

Donde m: Kg de pescado fresco, Cp: capacidad calorífica del pescado fresco, ΔT: diferencia de temperatura

$$\boldsymbol{m} = 3396.73913\frac{Kg}{hr}$$

Para calcular la Cp se utilizara las ecuaciones de Choi y Okos, la cuales son la conocidas para la determinación de capacidad calorífica y se basan en la composición y temperatura del alimento.

La composición del pescado es:

Componente	%
Proteína	15.1594436
Humedad	71.4013621
Minerales y solidos (Ceniza)	9.6292322
Lípidos (Grasa)	3.68069674
Carbohidratos	0.0147236
Fibra cruda	0.10893371

Ecuaciones:

Choi y Okos (1987) estudiaron el efecto de la variación de la composición en las propiedades térmicas llegando a obtener correlaciones para los siguientes componentes: humedad, proteínas, lípidos, carbohidratos, fibras y cenizas. Estas correlaciones están función únicamente de la temperatura a que está expuesto el alimento (Evaluation of Thermophysical Property Models for Foods Brian A. Fricke, Ph.D., E.I.T. Bryan R. Becker, Ph.D., P.E, 2001.)

Las correlaciones encontradas para evaluar el calor específico en (J/kg*°C), de los distintos componentes son los siguientes:

Cp proteínas = 2008.2 + 1208.9·10-3T – 1312.9·10-6T^2

Cp lípidos= 1984.2 + 1473.3·10-3T – 4800.8·10-6T^2

Cp carbohidratos = 1548.8 + 1962.5·10-3T – 5939.9·10-6^T2

Cp fibra = 1845.9 + 1930.6·10-3T – 4650.9·10-6T^2

Cp cenizas = 1092.6 + 1889.6·10-3T – 3681.7·10-6T^2

Para el agua sobre el punto de congelación:

Cp agua = 4176.2 – 9086.2·10-5T + 5473.1·10-6T^2

Para el agua en el punto de congelación:

Cp agua = 2062.3+6.0769T

Donde T es la temperatura del alimento en ºC

Siendo el Cp del alimento:

Cp alimento = Σ Cpi·Xi

Donde X_i = Fracción de componente del alimento

Cálculos:

Se resolvieron las ecuaciones y se calcularon dos valores de Cp una será en el punto de congelamiento y otra superior al punto de congelamiento:

1. Punto de congelamiento

Temperatura a -4 °C

$$Cp\ proteina = 2008.2\ + (1208.9 \cdot 10 - 3(-4)) - (\ 1312.9 \cdot 10 - 6(-4)^2)$$

$$Cp\ proteina = 2003.3433(J/kg * °C)$$

$$Cp\ lipidos = 1984.2\ + (1473.3 \cdot 10 - 3(-4)) - (4800.8 \cdot 10 - 6(-4)^2)$$

$$Cp\ lipidos = 1978.2299\ (J/kg * °C)$$

$$Cp\ CHO = 1548.8\ + (1962.5 \cdot 10 - 3(-4)) - (5939.9 \cdot 10 - 6(-4)^2)$$

$$Cp\ carbohid. = 1540.8549\ (J/kg * °C)$$

$$Cp\ fibra = 1845.9\ +\ (1930.6 \cdot 10 - 3(-4)) -\ (4650.9 \cdot 10 - 6(-4)^2)$$

$$Cp\ fibra = 1838.1031\ (J/kg * °C)$$

$$Cp\ ceniza = 1092.6\ + (1889.6 \cdot 10 - 3(-4)) - (3681.7 \cdot 10 - 6(-4)^2)$$

$$Cp\ ceniza =\ 1084.9826\ (J/kg * °C)$$

$$Cp\ w.f\ = 2062.3 + 6.0769(-4)$$

$$Cp\ w.f\ = 2037.9924\ (J/kg * °C)$$

$$\Sigma Cp = (2003.3433 * .1515) + (1978.2299 * .0368) + (1540.8549 *\ .000147)$$

$$+(1838.1031 * .001089) + (1084.9826 * .09629) + (2037.9924 * .7140)$$

$$\Sigma Cpt = 1938.1331\ (J/kg * °C)$$

Temperatura a 0 °C

$Cp\ proteina = 2008.2\ + (1208.9 \cdot 10 - 3(0)) - (\ 1312.9 \cdot 10 - 6(0)^2)$

$Cp\ proteina =\ 2008.2\ (J/kg * °C)$

$Cp\ lipidos = 1984.2\ + (1473.3 \cdot 10 - 3(0)) - (4800.8 \cdot 10 - 6(0)^2)$

$Cp\ lipidos = 1984.2\ (J/kg * °C)$

$Cp\ CHO = 1548.8\ + (1962.5 \cdot 10 - 3(0)) - (5939.9 \cdot 10 - 6(0)^2)$

$Cp\ carbohid. =\ 1548.8\ \ (J/kg * °C)$

$Cp\ fibra = 1845.9\ +\ (1930.6 \cdot 10 - 3(0)) -\ (4650.9 \cdot 10 - 6(0)^2)$

$Cp\ fibra = 1845.9\ (J/kg * °C)$

$Cp\ ceniza = 1092.6\ + (1889.6 \cdot 10 - 3(0)) - (3681.7 \cdot 10 - 6(0)^2)$

$Cp\ ceniza = 1092.6\ \ (J/kg * °C)$

$Cp\ w.f\ = 2062.3 + 6.0769(-4)$

$Cp\ w.f\ = 2062.3\ (J/kg * °C)$

$\Sigma Cp = (2008.2\ * .1515) + (1984.2 * .0368) + (1548.8 *\ .000147)$

$+(1845.9 * .001089) + (1092.6 * .09629) + (2062.3 * .7140)$

$\Sigma Cp = 1957.1873\ (J/kg * °C)$

2. Después del punto de congelamiento

Temperatura a 1 °C

$Cp\ proteina = 2008.2\ + (1208.9 \cdot 10 - 3(1)) - (\ 1312.9 \cdot 10 - 6(1)^2)$

$Cp\ proteina = 2009.4\ (J/kg * °C)$

$Cp\ lipidos = 1984.2\ + (1473.3 \cdot 10 - 3(1)) - (4800.8 \cdot 10 - 6(1)^2)$

$Cp\ lipidos = 1985.6684\ (J/kg * °C)$

$Cp\ CHO = 1548.8\ + (1962.5 \cdot 10 - 3(1)) - (5939.9 \cdot 10 - 6(1)^2)$

$Cp\ carbohid = 1546.8315\ (J/kg * °C)$

$Cp\ fibra = 1845.9\ +\ (1930.6 \cdot 10 - 3(1)) -\ (4650.9 \cdot 10 - 6(1)^2)$

$Cp\ fibra = 1847.8259\ (J/kg * °C)$

$Cp\ ceniza = 1092.6\ + (1889.6 \cdot 10 - 3(1)) - (3681.7 \cdot 10 - 6(1)^2)$

$Cp\ ceniza = 1094.4859\ (J/kg * °C)$

$Cp\ agua = 4176.2 - (9086.2 \cdot 10 - 5(1)) + (5473.1 \cdot 10 - 6(1)^2)$

$Cp\ agua =\ 4176.1146\ (J/kg * °C)$

$\Sigma Cp = (\ 2009.4 * .1515) + (1985.6684 * .0368) + (1546.8315 *\ .000147)$

$+(1847.8259 * .001089) + (1094.4859 * .09629) + (4176.1146 * .7140)$

$\Sigma Cp = 3466.8702\ (J/kg * °C)$

Temperatura a 100 °C

$Cp\ proteina = 2008.2\ + (1208.9 \cdot 10 - 3(100))$ – $(1312.9 \cdot 10 - 6(100)^2)$

$Cp\ proteina = 2115.961\ (J/kg * °C)$

$Cp\ lipidos = 1984.2\ + (1473.3 \cdot 10 - 3(100))$ – $(4800.8 \cdot 10 - 6(100)^2)$

$Cp\ lipidos = 2083.522\ (J/kg * °C)$

$Cp\ CHO = 1548.8\ + (1962.5 \cdot 10 - 3(100))$ – $(5939.9 \cdot 10 - 6(100)^2)$

$Cp\ carbohid = 1685.651\ (J/kg * °C)$

$Cp\ fibra = 1845.9\ +\ (1930.6 \cdot 10 - 3(100))$ – $(4650.9 \cdot 10 - 6(100)^2)$

$Cp\ fibra = 1992.451\ (J/kg * °C)$

$Cp\ ceniza = 1092.6\ + (1889.6 \cdot 10 - 3(100))$ – $(3681.7 \cdot 10 - 6(100)^2)$

$Cp\ ceniza = 1244.743\ \ (J/kg * °C)$

$Cp\ agua = 4176.2$– $(9086.2 \cdot 10 - 5(100))\ + (5473.1 \cdot 10 - 6(100)^2)$

$Cp\ agua =\ 4220.8465\ (J/kg * °C)$

$\Sigma Cp = (2115.961\ \ * .1515) + (2083.522 * .0368)$ +$(1685.651 *\ .000147)$

+$(1992.451 * .001089)$+$(1244.743\ \ * .09629)$ + $(4220.8465 * .7140)$

$\Sigma Cp = 3533.1999\ (J/kg * °C)$

Con los valores obtenidos de las Cp en los dos puntos, uno en el de congelación y otro superior al de congelación posemos obtener las Cp medias y obtener el calor requerido en ambos puntos y obtener el calor total requerido:

$QT = Qcong. + Qscong.$

Donde Qcong. es el calor en el punto de congelamiento y Qscong. el calor en el punto superior de congelamiento

$Qcong. = m * cpm * \Delta T$

Donde m: Kg de pescado fresco, Cp: capacidad calorífica media del pescado fresco en el punto de congelación, ΔT: diferencia de temperatura

$Q\ scong. = m * cpm * \Delta T$

Donde m: Kg de pescado fresco, Cp: capacidad calorífica media del pescado fresco en el punto superior de congelación, ΔT: diferencia de temperatura

Cálculos:

<u>Congelación</u>

$$Cpm = \frac{1938.1331\ (J/kg * °C) + 1957.1873\ (J/kg * °C)}{2}$$

$$Cpm = 1947.6602\ (J/kg * °C)$$

$$Qcong. = 3396.73913 \frac{Kg}{hr} * 1947.6602 \left(\frac{J}{kg} * °C\right) * (0\ °C - (-4\ °C))$$

$$Qcong. = 26462774.45\ \frac{J}{hr} = 26462.77445\ \frac{Kj}{hr}$$

<u>Superior punto de congelación</u>

$$Cpm = \frac{3466.8702\ (J/kg * °C) + 3533.1999\ (J/kg * °C)}{2}$$

$$Cpm = 3500.0350\ (J/kg * °C)$$

$$Qscong. = 3396.73913 \frac{Kg}{hr} * 3500.0350 \left(\frac{J}{kg} * °C\right) * (100\ °C - 1°C)$$

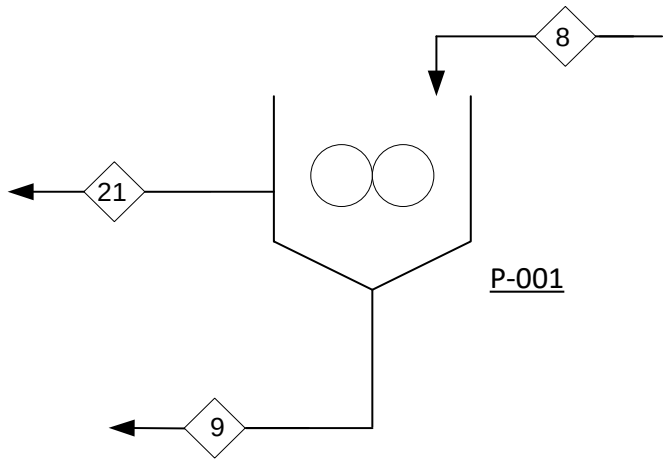
$$Qscong. = 1176981878\ \frac{J}{hr} = 1176981.874\ \frac{Kj}{hr}$$

$$QT = 26462.77445\ \frac{Kj}{hr} + 1176981.874\ \frac{Kj}{hr}$$

Se tiene como resultado que el calor total requerido es de:

$$QT = 1203444.646\ \frac{Kj}{hr}$$

Filtro-prensa



Dónde:
1: Humedad
2: Proteína
3: Ceniza
4: Aceite
5: Carbohidratos
6: Fibra
7: Residuos solido
8: Agua
9: Aire

Balance de materia

La literatura dice que esta operación se obtiene una torta de prensa que corresponde a 1/3 del peso de pescado cocido, y que contiene cerca de un 50% en humedad y un 3% de aceite, siendo el resto carne, piel y huesos.

$$\boldsymbol{F8} = \boldsymbol{F9} + \boldsymbol{F21}$$

$$\boldsymbol{F8} = 3396.73913\ \frac{Kg}{hr}$$

Por lo tanto:

$$\boldsymbol{F21} = \frac{1}{3} * (3396.73913\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F21} = 1132.246377\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F9} = F8 - F21$$

$$\boldsymbol{F9} = 3396.73913\ \frac{Kg}{hr} - (\frac{1}{3} * \left(3396.73913\ \frac{Kg}{hr}\right))$$

$$\boldsymbol{F9} = 2264.492753\ \frac{Kg}{hr}$$

Donde X_1: Fracción másica de Humedad, X_2: Fracción másica Proteína, X_3: Fracción másica Solidos (Ceniza), X4: Fracción másica Grasa, X5: Fracción másica de Carbohidratos, X6: Fracción másica Fibra cruda

Balance por componente

$$m1 = \boldsymbol{F8} * \boldsymbol{X81} = (3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .7140) = 2225.271739\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m2 = \boldsymbol{F8} * \boldsymbol{X82} = (3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .1515) = 514.6059\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m3 = \boldsymbol{F8} * \boldsymbol{X83} = (3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .0962) = 326.7663043\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m4 = \boldsymbol{F8} * \boldsymbol{X84} = (3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .0368) = 125\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m5 = \boldsymbol{F8} * \boldsymbol{X85} = \left(3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .000147\right) = .4993206521\ \frac{Kg}{hr}$$

$$m5 = \boldsymbol{F8} * \boldsymbol{X85} = \left(3396.73913\ \frac{Kg}{hr} * .001089\right) = 3.699048913\ \frac{Kg}{hr}$$

Composición corriente **F21**

La torta contiene cerca de un 50% en humedad y un 3% de aceite.

$$\boldsymbol{F21.1} = (1132.246377\ \frac{Kg}{hr} * .5)$$

$$\boldsymbol{F21.1} = 566.1231885\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F21.4} = (1132.246377\ \frac{Kg}{hr} * .03)$$

$$\boldsymbol{F21.4} = 33.96739131\frac{Kg}{hr}$$

El resto del contenido en la torta son componentes solidos: carne, piel y hueso del pescado cocido.

$$\boldsymbol{F21.7} = \boldsymbol{F14} - \boldsymbol{F14.1} - \boldsymbol{F14.4}$$

$$\boldsymbol{F21.7} = (1132.246377\frac{Kg}{hr}) - (566.1231885\frac{Kg}{hr}) - (33.96739131\frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F21.7} = 532.1557972$$

Composición corriente **F9**

$$\boldsymbol{F9} = 2264.492753\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F9.1} = (F8 * X1) - (F14 * .5)$$

$$\boldsymbol{F9.1} = \left(2225.271739\ \frac{Kg}{hr}\right) - (566.1231885\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F9.1} = 1659.148551\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F9\ .4} = F8 * X84) - (F14 * .03)$$

$$\boldsymbol{F9\ .4} = (125\ \frac{Kg}{hr}) - (33.96739131\frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F9.4} = 91.03260869\frac{Kg}{hr}$$

El resto del contenido en el líquido de prensado es carne, piel y hueso del pescado cocido.

$$\boldsymbol{F9.7} = \boldsymbol{F9} - \boldsymbol{F9\ .1} - \boldsymbol{F9\ .4}$$

$$\boldsymbol{F9.7} = 2264.492753\ \frac{Kg}{hr} - \left(1659.148551\ \frac{Kg}{hr}\right) - (91.03260869\frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F9.7} = 514.3115933\frac{Kg}{hr}$$

Fracción másica corriente **F9**

Humedad

$$\boldsymbol{X9.1} = \frac{\boldsymbol{F9\ .1}}{\boldsymbol{F9}}$$

$$\boldsymbol{X9.1} = \frac{1659.148551\ \frac{Kg}{hr}}{2264.492753\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{X9.1} = 0.7326$$

Aceite

$$\boldsymbol{X9.4} = \frac{\boldsymbol{F4.4}}{\boldsymbol{F4}}$$

$$\boldsymbol{X9.4} = \frac{91.03260869\ \frac{Kg}{hr}}{2264.492753\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{X9.4} = 0.0402$$

Restos solidos de líquido de prensado (carne, piel y hueso)

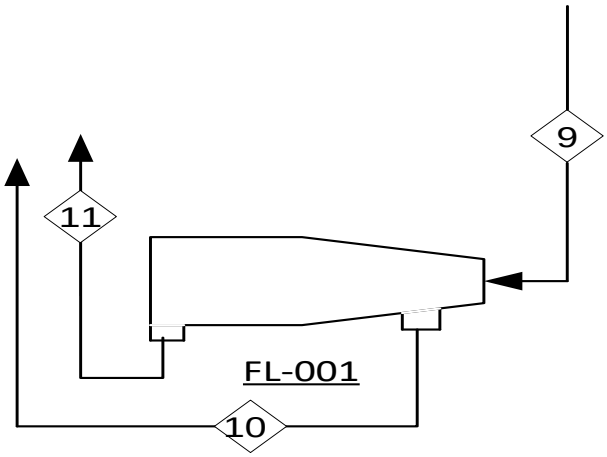
$$X9.7 = 1 - \boldsymbol{X1} - \boldsymbol{X4}$$

$$X9.7 = 1 - 0.7326 - 0.0402$$

$$X9.7 = 0.2272$$

Centrifugadora-decantadora

La siguiente operación es una centrifugadora-decantadora, la literatura nos indica que esta operación, el equipo no se debe de rebasar el 60% de residuos sólidos, siendo que en la alimentación se encuentra 22.72 % de residuos sólidos, se acepta la composición de la alimentación ya se encuentra dentro del valor indicado.



Dónde:
1: Humedad
2: Proteína
3: Ceniza
4: Aceite
5: Carbohidratos
6: Fibra
7: Residuos solido
8: Agua
9: Aire

Se estima una eficiencia de separación en la centrifugadora de 70 % con respecto a los residuos sólidos de la torta obtenida de la corriente F10.

Balance de materia

$$\boldsymbol{F9 = F10 + F11}$$

$$\boldsymbol{F9} = 2264.492753\ \frac{Kg}{hr}$$

$$F9\ Rl.prensado = 514.3115933\frac{Kg}{hr}$$

Rl: Residuos líquidos del prensado

$$0.70 = \frac{F10\ solidos}{F9\ Rl.prensado}$$

$$\boldsymbol{F10.7} = (514.3115933\frac{Kg}{hr}) * 0.70$$

$$\boldsymbol{F10.7} = 360.0181153\ \frac{Kg}{hr}$$

Considerando un 20% de humedad y un 2 % de aceite contenida en la corriente F10, se toma que el 78% de la composición de la torta son compuestos sólidos, así se puede estimar el flujo másico de la corriente F10.

$$\boldsymbol{F10} = \frac{360.0181153\ \frac{Kg}{hr}}{0.78}$$

$$\boldsymbol{F10}\ = 461.5616863\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F10.1} = 461.5616863\ \frac{Kg}{hr} * 0.20$$

$$\boldsymbol{F10.1}\ = 92.31233728\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F10.4}\ =\ \boldsymbol{F10} - \boldsymbol{F10.7} - \boldsymbol{F10.1}$$

$$\boldsymbol{F10.4} = (461.5616863\ \frac{Kg}{hr}) - (360.0181153\ \frac{Kg}{hr}) - (92.31233728\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F10.4} = 8.23123372\ \frac{Kg}{hr}$$

Para la composición de la corriente **F11**

$$\boldsymbol{F9} = \boldsymbol{F10} + \boldsymbol{F11}$$

$$\boldsymbol{F11} = (2264.492753\ \frac{Kg}{hr}) - (461.5616863\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F11} = 1802.931097\ \frac{Kg}{hr}$$

Balance por componentes de la corriente **F11**

$$\boldsymbol{F11.7} = F9\ Rl.prensado - \boldsymbol{F10.7}$$

$$\boldsymbol{F11.7} = (\ 514.3115933\ \ \frac{Kg}{hr}) - (360.0181153\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F11.7}\ = 154.293478\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F11.4} = \boldsymbol{F9.4} - \boldsymbol{F10.4}$$

$$\boldsymbol{F11.4}\ = (91.03260869\frac{Kg}{hr}) - (8.23123372\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F11.4} = 82.80137497\frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F11.1}\ = \boldsymbol{F11} - \boldsymbol{F11.7} - \boldsymbol{F11.4}$$

$$\boldsymbol{F11.1} = 1802.931097\ \frac{Kg}{hr} - (154.293478\ \frac{Kg}{hr}) - (82.80137497\frac{Kg}{hr}\ )$$

$$\boldsymbol{F11.1} = 1565.836244\ \frac{Kg}{hr}$$

Fracciones másicas corriente **F11**

Humedad

$$\boldsymbol{X11.1 = \frac{F11.1}{F11}}$$

$$\boldsymbol{X11.1} = \frac{1565.836244\ \frac{Kg}{hr}}{1802.931097\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$X11.1 = 0.8684$$

Aceite

$$\boldsymbol{X11.4 = \frac{F11.4}{F11}}$$

$$\boldsymbol{X11.4} = \frac{82.80137497\frac{Kg}{hr}}{1802.931097\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{X11.4} = 0.0459$$

Resto solido centrifugador-decantador (carne, piel y hueso)

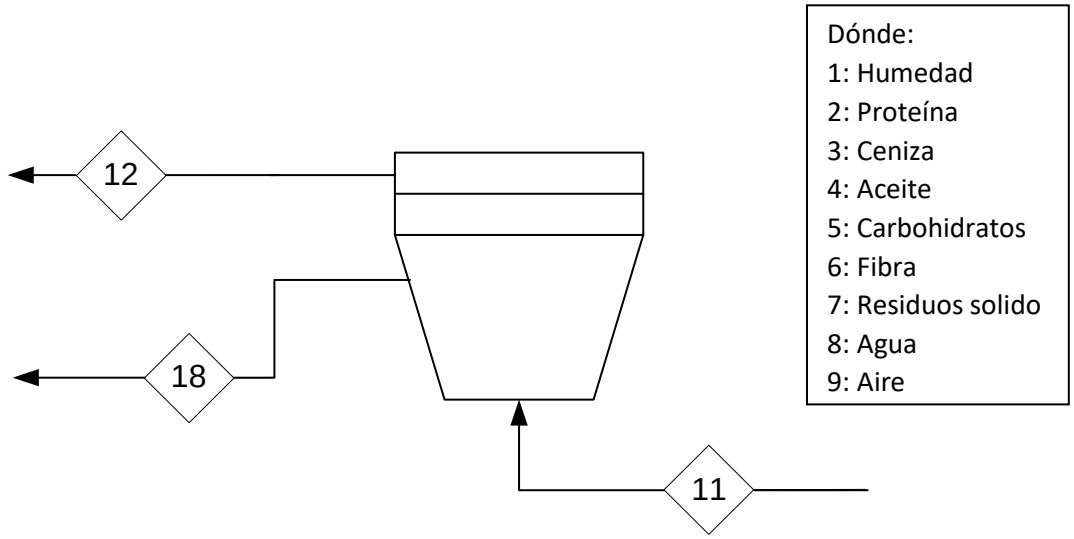
$$\boldsymbol{X7 = 1 - X11.1 - X11.4}$$

$$X11.7 = 1 - .8684 - 0.0459$$

$$X11.7 = .0857$$

Centrifugación

La siguiente operación es una centrifugadora-decantadora, la literatura nos indica que esta operación, el equipo no debe de rebasar el 20% de residuos sólidos, siendo que en la alimentación se encuentra 8.57% de residuos sólidos, se acepta la composición de la alimentación ya se encuentra dentro del valor indicado.



FF-001

Balance de materia

$$\boldsymbol{F11} = 1802.931097\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F11} = \boldsymbol{F12} + \boldsymbol{F18}$$

Se estima una eficiencia de separación en la centrifugadora de 70 % con respecto a los residuos sólidos de la torta obtenida de la corriente F18.

$$F11\ residuos\ solidos = 154.293478\ \frac{Kg}{hr}$$

$$0.70 = \frac{F18\ r.solidos}{F11\ r.solidos}$$

$$\boldsymbol{F18.7} = (154.293478\ \frac{Kg}{hr}) * 0.70$$

$$\boldsymbol{F18.7} = 108.0054346\ \frac{Kg}{hr}$$

Considerando que el 95% del aceite contenido de F11 fluye a la corriente F12

$$\boldsymbol{F11.4} = 82.80137497\frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F12.4} = (82.80137497\frac{Kg}{hr}) * 0.95$$

$$\boldsymbol{F12.4} = 78.66130622\ \frac{Kg}{hr}$$

En la corriente F12 fluiría el resto de residuos solido proveniente de la corriente F11 e ira acompañado con 90% de humedad del total del flujo másico de la corriente F12.

$$\boldsymbol{F12.7} = F11\ residuos\ solidos - F18\ residuos\ solidos$$

$$\boldsymbol{F12.7} = (154.293478\ \frac{Kg}{hr}) - (108.0054346\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F12.7} = 46.2880434\ \frac{Kg}{hr}$$

La corriente F12 entrara en los siguientes equipos después de centrifugación, a un clarificador y una súper-centrifugación, para la operación de súper-centrifugación la literatura nos indica que en el equipo no se debe de rebasar el 10% de residuos sólidos, siendo que en la alimentación se encuentra 46.2880434 Kg/hr de residuos sólidos, se debe de calcular el flujo másico total de F12 en relación a este.

$$\boldsymbol{F12} = \frac{\boldsymbol{F12.7}}{.1}$$

$$\boldsymbol{F12} = \frac{46.2880434\ \frac{Kg}{hr}}{.1}$$

$$\boldsymbol{F12} = 462.880434\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F12} = \boldsymbol{F12.7} + \boldsymbol{F12.4} + \boldsymbol{F12.1}$$

$$\boldsymbol{F12.1} = \boldsymbol{F12} - \boldsymbol{F12.7} - \boldsymbol{F12.4}$$

$$\boldsymbol{F12.1} = 462.880434\ \frac{Kg}{hr} - (46.2880434\ \frac{Kg}{hr}) - (78.66130622\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F12.1} = 337.9310844\frac{Kg}{hr}$$

Fracciones másica de la corriente **F12**

Humedad

$$\boldsymbol{X12.1} = \frac{\boldsymbol{F12.1}}{\boldsymbol{F11}}$$

$$\boldsymbol{X12.1} = \frac{337.9310844\,\frac{Kg}{hr}}{462.880434\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{X12.1} = 0.7300$$

Resto solido centrifugador-decantador (carne, piel y hueso)

$$\boldsymbol{X12.7} = 0.1$$

Aceite

$$\boldsymbol{X12.4} = 1 - \boldsymbol{X1} - \boldsymbol{X7}$$

$$X12.4 = 1 - .7300 - 0.1$$

$$X12.4 = 0.17$$

Balance por componentes de la corriente **F18**

$$\boldsymbol{F11} = \boldsymbol{F12} + \boldsymbol{F18}$$

$$\boldsymbol{F18} = \boldsymbol{F11} - \boldsymbol{F12}$$

$$\boldsymbol{F11} = 1802.931097\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F18} = (1802.931097\ \frac{Kg}{hr}) - (462.880434\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F18} = 1340.050663\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F18.7} = 108.0054346\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F18.4} = F11.4 - F12.4$$

$$\boldsymbol{F18.4} = (82.80137497\,\frac{Kg}{hr}) - (78.66130622\ \frac{Kg}{hr}\,)$$

$$\boldsymbol{F18.4} = 4.14\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F18.1} = \boldsymbol{F18} - \boldsymbol{F18\,.7} - \boldsymbol{F18.4}$$

$$\boldsymbol{F18.1} = 1340.050663\ \frac{Kg}{hr} - (108.0054346\ \frac{Kg}{hr}) - (4.14\ \frac{Kg}{hr})$$

$$\boldsymbol{F18.1} = 1227.9052\ \frac{Kg}{hr}$$

Fracciones másica de la corriente **F18**

Humedad

$$\boldsymbol{X18.1} = \frac{\boldsymbol{F18.1}}{\boldsymbol{F18}}$$

$$\boldsymbol{X18.1} = \frac{1227.9052\ \frac{Kg}{hr}}{1340.050663\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{X18.1} = 0.9163$$

Resto solido centrifugador-decantador (carne, piel y hueso)

$$\boldsymbol{X18.7} = \frac{\boldsymbol{F18.7}}{\boldsymbol{F18}}$$

$$\boldsymbol{X18.7} = \frac{108.0054346\ \frac{Kg}{hr}}{1340.050663\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{X18.7} = 0.0805$$

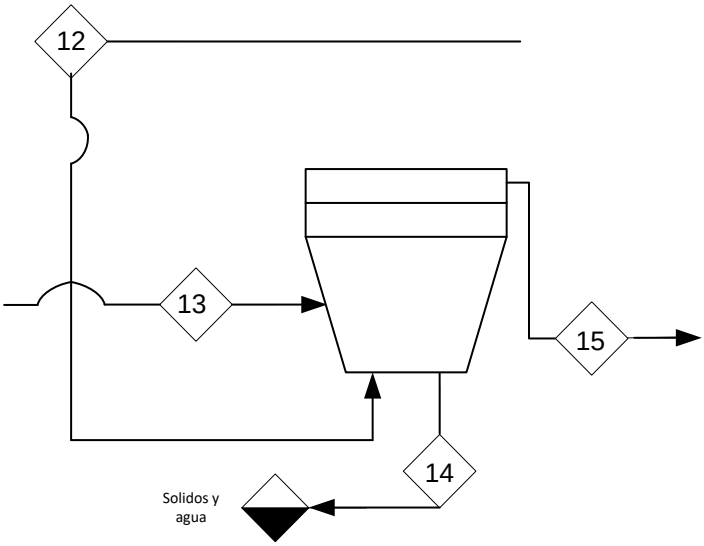
Aceite

$$\boldsymbol{X18.4} = 1 - \boldsymbol{X1} - \boldsymbol{X7}$$

$$\boldsymbol{X18.4} = 1 - .9163 - .0805$$

$$\boldsymbol{X18.4} = 0.0032$$

Clarificación



Dónde:
1: Humedad
2: Proteína
3: Ceniza
4: Aceite
5: Carbohidratos
6: Fibra
7: Residuos solido
8: Agua
9: Aire

FF-002

Balance de materia

$$\boldsymbol{F12 + F13 = F14 + F15}$$

Balance de energía

En la corriente F13 se alimenta agua caliente para la operación de clarificación del aceite, la temperatura a la cual entra al equipo aproximadamente es a 80 °C, pero se necesita que llegue a 95 °C para una mejor separación entre el aceite y los residuos sólidos.

Se debe determinar la cantidad de agua para alcanzar 95 °C.

$$Q = m * Cp * \Delta T$$

Ya que más del 90% de la corriente es agua se optó por tomar la capacidad calorífica del agua a 80 °C y 1 atm (Geankoplis, pag. 971, Referencia N.S. Osborne, H. F. Stimson y D.C. Ginnings, Bur. Standars J. Res. 23 197 (1939))

$$Cp = 4.199 \frac{Kj}{Kg * °K}$$

m= **F12**

m=462.880434 $\frac{Kg}{hr}$

$$\Delta T = 368.15\ K - 353.15\ \ K = 15\ \ K$$

$$Q = (462.880434\ \frac{Kg}{hr}) * (4.199 \frac{Kj}{Kg * °C}) * (15\ °C)$$

$$Q = 29154.52414 \frac{Kj}{hr}$$

Siendo a entalpia del agua como líquido saturado a 95 °C y 1 atm

$$hl = 398.09 \frac{Kj}{Kg}$$

Con este valor se puede determinar los kilogramos de agua necesarios para el calentamiento.

$$Q = hl * m$$

$$m = \frac{29154.52414 \frac{Kj}{hr}}{398.09 \frac{Kj}{Kg}}$$

$$m = 73.2360 \ \frac{Kg}{hr}$$

Corriente **F13**

Siendo así que el flujo másico de la corriente **F13** es:

$$\boldsymbol{F13} = 73.2360 \ \frac{Kg}{hr}$$

Balance de componentes de la corriente **F14**

En la corriente F14 se van todos los residuos sólidos acompañados con un 80% de humedad.

$$\boldsymbol{X7} = 1 - 0.8 = \ 0.2$$

$$F12.7 = 46.2880434 \ \frac{Kg}{hr}$$

$$F12.7 = F14\ .7$$

$$F14\ .7 = 46.2880434 \ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F14} = \frac{\boldsymbol{F12\ .7}}{0.2}$$

$$\boldsymbol{F14} = \frac{46.2880434 \ \frac{Kg}{hr}}{0.2}$$

$$\boldsymbol{F14} = 231.4402 \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F14.1 = F12.1 + F13 + F14 - F14.7}$$

$$\boldsymbol{F14.1} = 231.4402\ \frac{Kg}{hr} - 46.2880434\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F14.1} = 185.1521\ \frac{Kg}{hr}$$

Fracciones másica de la corriente **F14**

Humedad

$$\boldsymbol{X14.1} = \frac{\boldsymbol{F14.1}}{\boldsymbol{F14}}$$

$$\boldsymbol{X14.1} = \frac{185.1521\ \frac{Kg}{hr}}{231.4402\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{X14.1} = 0.7999$$

Resto solido centrifugador-decantador (carne, piel y hueso)

$$\boldsymbol{X14.7} = 1 - \boldsymbol{X1}$$

$$\boldsymbol{X14.7} = 1 - 0.7999$$

$$\boldsymbol{X14.7} = 0.2001$$

Balance de componentes de la corriente **F15**

$$\boldsymbol{F12 + F13 = F14 + F15}$$

$$462.880434\ \frac{Kg}{hr} + 73.2360\ \frac{Kg}{hr} = 231.4402\frac{Kg}{hr} + \boldsymbol{F15}$$

$$\boldsymbol{F15} = 462.880434\ \frac{Kg}{hr} + 73.2360\ \frac{Kg}{hr} - 231.4402\frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F15} = 304.6762\frac{Kg}{hr}$$

Todo el contenido en aceite de la corriente **F12** fluye hacia la corriente **F15**

$$\boldsymbol{F12.4} = 78.66130622\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F12.4} = \boldsymbol{F15.4}$$

$$\boldsymbol{F15.4} = 78.66130622\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F15.1} = \boldsymbol{F15} - \boldsymbol{F15.4}$$

$$\boldsymbol{F15.1} = 304.6762\ \frac{Kg}{hr} - 78.66130622\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F15.1} = 226.0148\frac{Kg}{hr}$$

Fracciones másica de la corriente **F15**

Humedad

$$\boldsymbol{X15.1} = \frac{\boldsymbol{F15.1}}{\boldsymbol{F15}}$$

$$\boldsymbol{X15.1} = \frac{226.0148\frac{Kg}{hr}}{304.6762\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$X15.1 = 0.7418$$

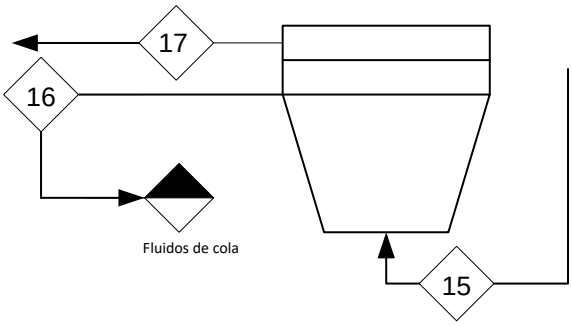
Aceite

$$\boldsymbol{X15.4} = 1 - \boldsymbol{X1}$$

$$\boldsymbol{X15.7} = 1 - 0.7418$$

$$\boldsymbol{X15.7} = .2582$$

Super-centrífugadora



Dónde:
1: Humedad
2: Proteína
3: Ceniza
4: Aceite
5: Carbohidratos
6: Fibra
7: Residuos solido
8: Agua
9: Aire

FF-003

Balance de materia

En esta operación se separan completamente el aceite de pescado de la humedad contenida en la corriente **F15**.

$$\boldsymbol{F15} = 304.6762\frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F15} = \boldsymbol{F16} + \boldsymbol{F17}$$

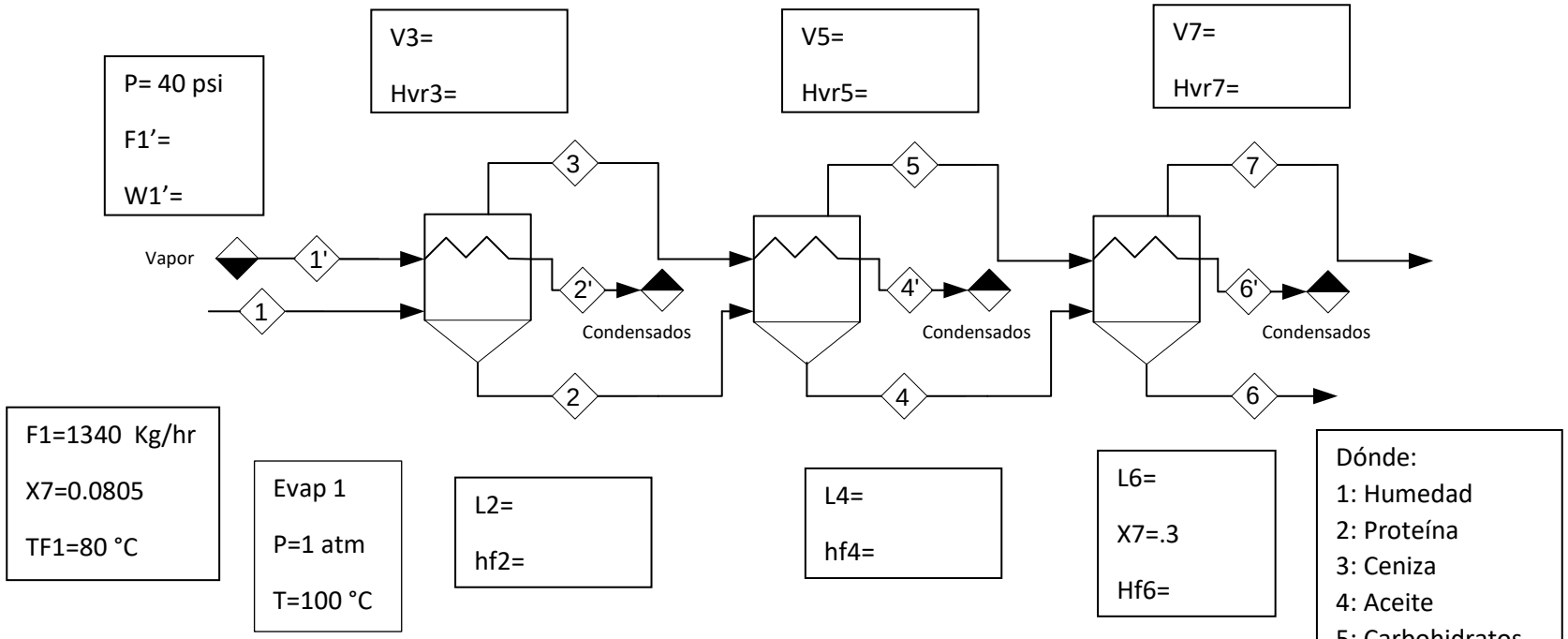
$$\boldsymbol{F17} = \boldsymbol{F15.4}$$

$$\boldsymbol{F17} = 78.66130622\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F16} = 304.6762\frac{Kg}{hr} - 78.66130622\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F16} = 226.0148\frac{Kg}{hr}$$

Evaporador triple efecto



La letra F1´ corresponde al flujo másico de vapor alimentado al primer condensador, W corresponde al calor transmitido por el vapor alimentado al primer evaporador, F1 es la corriente de alimentación a los evaporadores, las letras L corresponden a las corrientes concentradas y V a las corrientes de agua evaporada de cada evaporador, los números con un apostrofe (´) indican el vapor condensado a la salida de cada evaporador.

Para fines de cálculos a las corrientes se les asigno números del 1-7 y se le coloco las propiedades fisicoquímicas y termodinámicas conocidas, también las corrientes y las demás propiedades que hace faltan por conocer

Balance general de materia

$$\boldsymbol{F1 = V3 + V5 + V7 + L6}$$

Balance general de energía

$$(F * hf) + (W * \lambda h) = (V * Hr) + (L * hf) + q$$

Considerando un sistema adiabático

$$(F * hf) + (W * \lambda h) = (V * Hr) + (L * hf) + \cancelto{0}{q}$$

Queda la siguiente expresión:

$$(F * hf) + (W * \lambda h) = (V * Hr) + (L * hf)$$

Se calcula la cantidad total de agua evaporada quedando el balance

Primero se calcula el flujo másico de la corriente L6

$$\boldsymbol{F1 * X7s = L6 * X7L}$$

$$\boldsymbol{L6 = \frac{F1 * X7sol}{X7L}}$$

X7sol: Fracción másica de solido seco a la entrada

X7L=Fracción másica de solido seco a la salida

$$\boldsymbol{L6} = \frac{1340\ \frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}} * 0.0805}{0.50}$$

$$\boldsymbol{L6} = 215.74\ \frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}}$$

Balance de vapor

$$\boldsymbol{F1} = \boldsymbol{V3} + \boldsymbol{V5} + \boldsymbol{V7} + \boldsymbol{L6}$$

$$1340\ \frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}} = \boldsymbol{V3} + \boldsymbol{V5} + \boldsymbol{V7} + 215.74\ \frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}}$$

$$1340\ \frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}} - 215.74\ \frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}} = \boldsymbol{V3} + \boldsymbol{V5} + \boldsymbol{V7}$$

$$1124.26\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}} = \boldsymbol{V3} + \boldsymbol{V5} + \boldsymbol{V7}$$

Considerando que se evapora la misma cantidad de agua en los tres evaporadores.

$$\boldsymbol{V3} + \boldsymbol{V5} + \boldsymbol{V7} = \frac{1124.26\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}}}{3}$$

$$\boldsymbol{V3} + \boldsymbol{V5} + \boldsymbol{V7} = 374.7533\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}}$$

Balances parciales

$$\boldsymbol{F1} = \boldsymbol{L2} + \boldsymbol{V3}$$

$$\boldsymbol{L2} = 1340\ \ Kg/hr - 374.7533\ Kg/hr$$

$$\boldsymbol{L2} = 965.2467\ Kg/hr$$

$$\boldsymbol{L2} = \boldsymbol{L4} + \boldsymbol{V5}$$

$$\boldsymbol{L4} = \boldsymbol{L2} - \boldsymbol{V5}$$

$$\boldsymbol{L4} = 965.2467\frac{Kg}{hr} - 374.7533\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}}$$

$$\mathbf{L4} = 590.4934\frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{L4} = \boldsymbol{L6} + \boldsymbol{V7}$$

$$\boldsymbol{L6} = \boldsymbol{L4} - \boldsymbol{V7}$$

$$\boldsymbol{L6} = 590.4934\frac{Kg}{hr} - 374.7533\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{hr}}$$

$$\boldsymbol{L6} = 215.7401\ \frac{Kg}{hr}$$

Las siguientes consideraciones son dadas por parte de la empresa “ATI GROUP” Soluciones de ingeniería, esta empresa se enfoca a la instalación de planta y ventas de equipos de proceso para el procesamiento de harina de pescado, de esta información obtenida se parte para los cálculos y balances.

Se ha demostrado que la diferencia entre la ΔT1 (ΔT evaporadores 1y 2) es el doble que el ΔT2 (ΔT evaporadores 2y 3).

Primero se obtiene los valores de las propiedades del vapor a 40 psi

$29.0075\ psi = 200\ Kpa$

Propiedades de vapor de agua a 125 Kpa (Termodinámica. séptima edición, Yunus A. Cengel, Michael Boles, pag. 912)

$Tsat = 120.21\ °C$

$Hv = 2706.3\ \frac{Kj}{Kg}$

$hfg = 2201.6\ \frac{Kj}{Kg}$

$hl = 504.71 \frac{Kj}{Kg}$

Propuesta de ΔT

$\Delta T1 = 15°C$

$\Delta T1 = Tsat - Tevaporador1$

$Tevaporador1 = Tsat - \Delta T1$

$Tevaporador = 120.21\ °C - 15°C$

$Tevaporador\ 1 = 105.21\ °C$

$\Delta T2 = 15°C$

$\Delta T2 = Tevaporador1 - Tevaporador2$

$Tevaporador2 = Tevaporador1 - \Delta T2$

$Tevaporador2 = 105.21\ °C - 15°C$

$Tevaporador2 = 90.21\ °C$

$\Delta T3 = 30°C$

$\Delta T3 = Tevaporador2 - Tevaporador3$

$Tevaporador3 = Tevaporador2 - \Delta T3$

$Tevaporador3 = 90.21\,°C - 30°C$

$Tevaporador3 = 60.21\,°C$

$\Sigma\Delta T = Ts - T3sat$

$\Sigma\Delta T = 120.21\,°C - 60.21\,°C$

$\Sigma\Delta T = 60$

Se vuelve a recalcular los valores de ΔT con los valores de U (Coeficiente global de transferencia de calor)

U obtenida del libro de operaciones básicas de ingeniería química, Warren L. McCabe, Julian C. Smith, página 474)

U para evaporadores de tubos largos verticales

U valores entre 1000-3000 Kcal/m^2*hr *°C

Se propone intervalos de 1000

U1=3000 Kcal/m^2*hr *°C

U1=3489 W/ m^2*hr *°C

U2=2000 Kcal/m^2*hr *°C

U2=2326 W/ m^2*hr *°C

U3=1000 Kcal/m^2*hr *°C

U3=1163 W/ m^2*hr *°C

Suponiendo que

$A1 > A2 > A3$

Por lo tanto

$U1 > U2 > U3$

$$\Delta T1 = \Sigma\Delta T * \frac{\frac{1}{U1}}{\frac{1}{U1} + \frac{1}{U2} + \frac{1}{U3}}$$

$$\Delta T1 = 60\ °C * \frac{\frac{1}{3489}}{\frac{1}{3489} + \frac{1}{2326} + \frac{1}{1163}}$$

$$\Delta T1 = 10.9090\ °C$$

$$\Delta T2 = \Sigma\Delta T * \frac{\frac{1}{U2}}{\frac{1}{U1} + \frac{1}{U2} + \frac{1}{U3}}$$

$$\Delta T2 = 60\ °C * \frac{\frac{1}{2326}}{\frac{1}{3489} + \frac{1}{2326} + \frac{1}{1163}}$$

$$\Delta T2 = 16.3636\ °C$$

$$\Delta T3 = \Sigma\Delta T * \frac{\frac{1}{U3}}{\frac{1}{U1} + \frac{1}{U2} + \frac{1}{U3}}$$

$$\Delta T3 = 60\ °C * \frac{\frac{1}{2326}}{\frac{1}{3489} + \frac{1}{2326} + \frac{1}{1163}}$$

$$\Delta T3 = 32.7272\ °C$$

Se recalculan los valores de ΔT

$$\Delta T1 = 20°C$$

$$\Delta T1 = Tsat - Tevaporador1$$

$$Tevaporador1 = Tsat - \Delta T1$$

$$Tevaporador = 120.21\ °C - 10.9090\ °C$$

$$Tevaporador\ 1 = 109.301\ °C$$

$\Delta T2 = 16.3636\ °C$

$\Delta T2 = Tevaporador1 - Tevaporador2$

$Tevaporador2 = \ Tevaporador1 - \Delta T2$

$Tevaporador2 = 109.301\ °C - 16.3636\ °C$

$Tevaporador2 = 92.9374\ °C$

$\Delta T3 = 32.7272\ °C$

$\Delta T3 = Tevaporador2 - Tevaporador3$

$Tevaporador3 = \ Tevaporador2 - \Delta T3$

$Tevaporador3 = 92.9374\ °C - 32.7272°C$

$Tevaporador3 = 60.2102\ °C$

Datos obtenidos

Efecto 1	Efecto 2	Efecto 2	Condensados
T1=109.301°C	T2=90.21 °C	T3= 60.21 °C	
Ts1=120.21°C	Ts2=105.21 °C	Ts3=92.9374 °C	Ts4=60.2102 °C

Calculo de capacidades caloríficas

Las capacidades caloríficas del pescado se obtienen de los cálculos ya realizado anteriormente:

$Cp1°C = 3466.8702\ (J/kg * °C)$

$Cp100\ °C = 3533.1999\ (J/kg * °C)$

$$Tm = \frac{(1 + 100)}{2}$$

$Tm = 50.5$

$$CPm = \frac{CP1 + CP100}{2}$$

$$CPm = \frac{3466.8702\ \ (J/kg * °C) + 3533.1999\ (J/kg * °C)}{2}$$

$CPm = 3500.035\ (J/kg * °C)$

Interpolando entre T =50.5 Cp=3500.035 y T=100 Cp=3533.1999

Cp a 80 °C

$CpF1 = 3519.8\ (J/kg * °C)$

Extrapolando a 109.301 °C

$Cpl2 = 3539.4316\ (J/kg * °C)$

Interpolando a 90.21 °C

$Cpl4 = 3226.6407\ (J/kg * °C)$

Interpolando a 60.21 °C

$Cpl6 = 3506.5407\ (J/kg * °C)$

También se necesita la Cp del agua a las diferentes temperaturas anteriores

Cp a 80 °C

$CpF1 = 4193.8\ (J/kg * °C)$

Extrapolando a 109.301 °C

$Cpl2 = 4229\ (J/kg * °C)$

Interpolando a 90.21 °C

$Cpl4 = 4203.5528\ (J/kg * °C)$

Interpolando a 60.21 °C

$Cpl6 = 4182.6240\ (J/kg * °C)$

Se calcula la Cp de la mezcla en base a sus fracciones másicas

A 80 °C

$$CpF1 = 4193.8\left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 0.9195 + 3519.8\left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 0.0805$$

$$CpF1 = 4193.8\left(\frac{J}{kg * °C}\right)$$

A 109.301 °C

$$Cpl2 = 4229\left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 0.8883 + 3539.4316\left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 0.1127$$

$$Cpl2 = 4155.5146\left(\frac{J}{kg * °C}\right)$$

A 90.21 °C

$$Cpl4 = 4203.5528\ \left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 0.8175 + 3226.6407\ \left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 0.1825$$

$$Cpl4 = 4025.2663\ \left(\frac{J}{kg * °C}\right)$$

A 60.21 °C

$$Cpl6 = 4182.6240\ \left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 0.5 + 3506.5407\ \left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 0.5$$

$$Cpl6 = 3844.5823\ \left(\frac{J}{kg * °C}\right)$$

Se calculara las entalpias correspondientes a las corrientes de líquido concentrado.

$$hF1 = CpF * TrF$$

$$hF1 = 4193.8\left(\frac{J}{kg * °C}\right) *\ 80°C$$

$$hF1 = 335506\left(\frac{J}{kg}\right) = 335.506\left(\frac{Kj}{kg}\right)$$

$$hl2 = Cpl2 * Tr2$$

$$hl2 = 4155.5146\left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 109.301\ °C$$

$$hl2 = 454201.9013\left(\frac{J}{kg}\right) = 454.2019\left(\frac{Kj}{kg}\right)$$

$$hl4 = Cpl4 * Tr4$$

$$hl4 = 4025.2663\ \left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 90.21\ °C$$

$$hl4 = 363119.2729\left(\frac{J}{kg}\right)\ = 363.1192\left(\frac{Kj}{kg}\right)$$

$$hl6 = Cpl6 * Tr6$$

$$hl6 = 4025.2663\ \left(\frac{J}{kg * °C}\right) * 60.21\ °C$$

$$hl6 = 242361.2839\left(\frac{J}{kg}\right)\ =\ 242.3612\left(\frac{Kj}{kg}\right)$$

En tablas de vapor se buscó las entalpias de las corrientes vapor a la temperatura correspondiente a los evaporadores

Evaporador	1	2	3
Temperatura	120.21 °C	105.21 °C	92.9374 °C
Vapor saturado	2706 (Kj/kg)	2683.4 (Kj/kg)	2671.75 (Kj/kg)
Liquido saturado	503.81 (Kj/kg)	440.28 (Kj/kg)	400.975 (Kj/kg)
Vapor sobrecalentado	2735.25 (Kj/kg)	2687.5 (Kj/kg)	2675.25 (Kj/kg)

Balance parcial de energía

Para el primer evaporador

$$\boldsymbol{F1 * hF1 + V1' * h1' = V1 * hv3 + L2 * hl2 + Scond * hcond}$$

Scond: Flujo masivo de condensado

hcond: Entalpia de flujo másico condensador

$$S = \frac{\boldsymbol{V3 * hv3 + L2 * hl2 - F1 * hF1}}{\boldsymbol{h1' - hcond}}$$

Segundo evaporador

$$\boldsymbol{L2 * hl2 + V3 * hv3 = V5 * hv5 + L4 * hl4 + V2' * h2'conde}$$

Tercer evaporador

$$\boldsymbol{L4 * hl4 + V5 * hv5 = V7 * hv7 + L6 * hl6 + V4' * h4'conde}$$

Se toma la el balance del evaporador 3

$$\boldsymbol{L4 * hl4 + V5 * hv5 = V7 * hv7 + L6 * hl6 + V6' * h6'conde}$$

Despejando L4

$$\boldsymbol{L4 = \frac{V7 * hv7 + L6 * hl6 + V6' * h6'conde - V5 * hv5}{hl4}}$$

$$L4 = \frac{374.753\frac{kg}{hr} * 2675.25\left(\frac{Kj}{kg}\right) + 215.740\frac{kg}{hr} * 242.3612\left(\frac{Kj}{kg}\right) + 374.753\frac{kg}{hr} * 400.975\left(\frac{Kj}{kg}\right) - 374.753\frac{kg}{hr} * 2687.5\left(\frac{Kj}{kg}\right)}{363.1192\left(\frac{Kj}{kg}\right)}$$

El flujo másico de la corriente L4 es

$$\boldsymbol{L4} = 544\ Kg/h$$

Con el valor encontrado de **L4** se calcula **L2** despejando del balance de energía del evaporador 2

$$\boldsymbol{L2 * hl2 + V3 * hv3 = V5 * hv5 + L4 * hl4 + V4' * h4'conde}$$

$$\boldsymbol{L2} = \frac{\boldsymbol{V5 * hv5 + L4 * hl4 + V4' * h4'conde - V3 * hv3}}{\boldsymbol{hl2}}$$

$$\boldsymbol{L2} = \frac{374.753\frac{kg}{hr} * 2687.5\left(\frac{Kj}{kg}\right) + 533.0689\frac{kg}{hr} * 363.119\left(\frac{Kj}{kg}\right) + 374.753\frac{kg}{hr} * 540.28\left(\frac{Kj}{kg}\right) - 374.753\frac{kg}{hr} * 2735.25\left(\frac{Kj}{kg}\right)}{454.2019\left(\frac{Kj}{kg}\right)}$$

El flujo másico de la corriente **L2** es

$\boldsymbol{L2} = 832.6821\ Kg/hr$

Balance de materia

Se vuelve a calcular con los nuevos valores de **L2, L4, L6** los valores de las corrientes **V3, V5, V7.**

<u>Evaporador 1</u>

$\boldsymbol{F1 = L2 + V3}$

$\boldsymbol{V3 = F1 - L2}$

$\boldsymbol{V3} = 1340 Kg/hr - 832.6821 Kg/hr$

$\boldsymbol{V3} = 507.3179\ Kg/hr$

Fracción másica solido

$\boldsymbol{F1 * X7 = L2 * Xl2}$

$$\boldsymbol{Xl2} = \frac{1340\ Kg/hr * 0.0805}{832.6821\ Kg/hr}$$

$\boldsymbol{Xl2} = 0.1295$

Humedad

$\boldsymbol{X1} = 1 - 0.1295$

$\boldsymbol{X1} = 0.8705$

<u>Evaporador 2</u>

$\boldsymbol{L2 = V5 + L4}$

$\boldsymbol{V5 = L2 - L4}$

$\boldsymbol{V5} = 832.6821\ Kg/hr - 544\ Kg/hr$

$\boldsymbol{V5} = 288.6921\ Kg/hr$

Fracción másica solido

$$\boldsymbol{L2 * X7 = L4 * Xl4}$$

$$\boldsymbol{Xl4} = \frac{832.6821\ Kg/hr * 0.1295}{544\ Kg/hr}$$

$$\boldsymbol{Xl2} = 0.1982$$

Humedad

$$\boldsymbol{X1} = 1 - 0.1982$$

$$\boldsymbol{X1} = 0.8018$$

<u>Evaporador 3</u>

$$\boldsymbol{L4 = V7 + L6}$$

$$\boldsymbol{V7 = L4 - L6}$$

$$\boldsymbol{V7} = 544\ Kg/hr - 215.740\ Kg/hr$$

$$\boldsymbol{V7} = 328.26\ \ Kg/hr$$

Fracción másica solido

$$\boldsymbol{L2 * X7 = L4 * Xl4}$$

$$\boldsymbol{Xl4} = \frac{544\ Kg/hr * 0.1982}{215.740\ Kg/hr}$$

$$\boldsymbol{Xl2} = 0.5$$

Aceite

$$\boldsymbol{Xl4} = \frac{4.14\ Kg/hr}{215.740\ Kg/hr}$$

$$\boldsymbol{Xl4} = .0191$$

Humedad

$$\boldsymbol{X1} = 1 - 0.5$$

$$\boldsymbol{X1} = 0.4809$$

Regresando al balance de energía se calcula el vapor requerido en el evaporador 1

$$\boldsymbol{S = \frac{V3 * hv3 + L2 * hl2 - F1 * hF1}{h1' - hcond}}$$

$$\boldsymbol{S} = \frac{507.3179\ \left(\frac{Kg}{hr}\right) * 2735.25\left(\frac{Kj}{kg}\right) + 832.6821\ \left(\frac{Kg}{hr}\right) * 454.2019\left(\frac{Kj}{kg}\right) - 1340\left(\frac{Kg}{hr}\right) * 335.506\left(\frac{Kj}{kg}\right)}{2706\left(\frac{Kj}{kg}\right) - 503.81\left(\frac{Kj}{kg}\right)}$$

$$\boldsymbol{S} = 597.7091\ \left(\frac{Kg}{hr}\right)$$

Se calculara el calor transferido en el equipo y el área de transferencia de calor

$$\boldsymbol{Q1} = \boldsymbol{S} * (\boldsymbol{hsat.} - \boldsymbol{hconde.})$$

S: Flujo másico de vapor

hsat: Entalpia vapor saturado

hconde: Entalpia de vapor condensado

$$\boldsymbol{Q1} = 597.709\left(\frac{Kg}{hr}\right) * (2706\left(\frac{Kj}{kg}\right) - 503.81\left(\frac{Kj}{kg}\right))$$

$$\boldsymbol{Q1} = 1316268.783\frac{Kj}{hr} = 365630.2175\ W$$

$$\boldsymbol{Q2} = \boldsymbol{V3}\ (\boldsymbol{hsob.} - \boldsymbol{hsat})$$

hsob: Entalpia vapor sobrecalentado

hconde: Entalpia de vapor condensado

$$\boldsymbol{Q2} = 507.3179\ \left(\frac{Kg}{hr}\right) * (2683.4\left(\frac{\mathrm{Kj}}{\mathrm{kg}}\right) - 440.28\left(\frac{\mathrm{Kj}}{\mathrm{kg}}\right))$$

$$\boldsymbol{Q2} = 1137974.928\frac{Kj}{hr} = 316104.1466\ W$$

$$\boldsymbol{Q3} = \boldsymbol{V5}\ (\boldsymbol{hsob.} - \boldsymbol{hsat})$$

hsob: Entalpia vapor sobrecalentado

hconde: Entalpia de vapor condensado

$$\boldsymbol{Q3} = 288.6921\ \left(\frac{Kg}{hr}\right) * (2671.75\ \left(\frac{\mathrm{Kj}}{\mathrm{kg}}\right) - 400.975\ \left(\frac{\mathrm{Kj}}{\mathrm{kg}}\right))$$

$$\boldsymbol{Q3} = 665554.8034\frac{Kj}{hr} = 184876.3342\ W$$

Calculo de áreas

$$\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{U} * \boldsymbol{A} * \boldsymbol{\Delta T}$$

$$\boldsymbol{A} = \frac{\boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{U} * \boldsymbol{\Delta T}}$$

$$\boldsymbol{A1} = \frac{365630.2175\ W}{3489(\frac{W}{m2 * hr}\ * °C) * 15°C}$$

$$\boldsymbol{A1} = 6.9863\ m2 \simeq 7\ m2$$

$$\boldsymbol{A2} = \frac{316104.1466\ W}{2326(\frac{W}{m2 * hr}\ * °C) * 15°C}$$

$$\boldsymbol{A2} = 6.0309\ m2 \simeq 6.1\ m2$$

$$\boldsymbol{A3} = \frac{184876.3342\ W}{1163\ (\frac{W}{m2 * hr}\ * °C) * 30°C}$$

$$\boldsymbol{A3} = 5.2988\ m2 \simeq 5.3\ m2$$

Calculo de área media

$$\boldsymbol{Am} = \frac{\boldsymbol{A1} + \boldsymbol{A2} + \boldsymbol{A3}}{\boldsymbol{3}}$$

$$\boldsymbol{Am} = \frac{7\ m2 + 6.1\ m2 + 5.3\ m2}{3}$$

$$\boldsymbol{Am} = 6.1333 m2 \simeq 6.20\ m2$$

Se debe de calcular los nuevos valores de ΔT

$$\boldsymbol{\Delta T1} = \frac{\boldsymbol{\Delta T1} * \boldsymbol{A1}}{\boldsymbol{Am}}$$

$$\boldsymbol{\Delta T1} = \frac{15\ °C * 7\ m2}{6.20\ m2}$$

$$\boldsymbol{\Delta T1} = 16.93\ °C$$

$$\boldsymbol{\Delta T2} = \frac{\Delta T2 * A2}{Am}$$

$$\boldsymbol{\Delta T1} = \frac{15\ °C * 6.1\ m2}{6.20\ m2}$$

$$\boldsymbol{\Delta T2} = 14.75\ °C$$

$$\boldsymbol{\Delta T3} = \frac{\Delta T3 * A3}{Am}$$

$$\boldsymbol{\Delta T1} = \frac{30\ °C * 5.3\ m2}{6.2\ m2}$$

$$\boldsymbol{\Delta T3} = 25.64\ °C$$

Sumatoria de ΔT

$$\boldsymbol{\Sigma \Delta T} = \boldsymbol{\Delta T1} + \boldsymbol{\Delta T2} + \boldsymbol{\Delta T3}$$

$$\boldsymbol{\Sigma \Delta T} = 16.93\ °C + 14.75\ °C + 25.64\ °C$$

$$\boldsymbol{\Sigma \Delta T} = 57.32\ °C$$

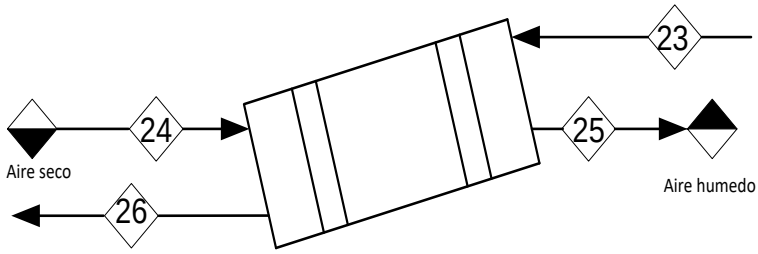
Calculo de economía de vapor

$$\boldsymbol{Ev} = \frac{\boldsymbol{S}}{\boldsymbol{V3} + \boldsymbol{V5} + \boldsymbol{V7}}$$

$$\boldsymbol{Ev} = \frac{597.7091\ \left(\frac{Kg}{hr}\right)}{507.3179\frac{Kg}{hr} + 288.6921\frac{Kg}{hr} + 328.26\ \frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{Ev} = 0.5316$$

Secado



Dónde:
1: Humedad
2: Proteína
3: Ceniza
4: Aceite
5: Carbohidratos
6: Fibra
7: Residuos solido
8: Agua
9: Aire

DE-001

Calculo de corrientes y composiciones

$$\boldsymbol{F23 + F24 = F25 + F26}$$

$$\boldsymbol{F23 = F22}$$

$$\boldsymbol{F22 = F21 + F10 + F20}$$

$$\boldsymbol{F22} = 1132.246\ \frac{Kg}{hr} + 461.561\frac{Kg}{hr} + 215.74\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F22} = 1809.547\frac{Kg}{hr}$$

F22 solido

$$\boldsymbol{F22.7 = F21X21.7 + F10 * X10.7 + F20 * X20.7}$$

$$\boldsymbol{F22.7} = 1132.3463\frac{Kg}{hr} * 0.5 + 461.5616\frac{Kg}{hr} * 0.78 * +215.74\frac{Kg}{hr} * .5 * 0.20$$

$$\boldsymbol{F22.7} = 1034.0611\frac{Kg}{hr}$$

F22 Aceite

$$\boldsymbol{F22.4} = 4.14\ \frac{Kg}{hr} + 33.9673\frac{Kg}{hr} + 8.2312\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F22.4} = 46.3385\frac{Kg}{hr}$$

F22 humedad

$$\boldsymbol{F22.1 = F22 - F22.7 - F22.4}$$

$$\boldsymbol{F22.1} = 1809.547\frac{Kg}{hr} - 1034.0611\frac{Kg}{hr} - 46.3385\frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F22.1} = 729.1474$$

Fracciones másicas

Solidos

$$\boldsymbol{X22.7 = \frac{F22.7}{F22}}$$

$$\boldsymbol{X22.7} = \frac{1034.0611\frac{Kg}{hr}}{1809.547\frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{X22.7} = 0.5714$$

Aceite

$$\boldsymbol{X22.4} = \frac{F22.7}{F22}$$

$$\boldsymbol{X22.4} = \frac{46.3385\frac{Kg}{hr}}{1809.547\frac{Kg}{hr}}$$

$$\boldsymbol{X22.4} = 0.0256$$

Humedad

$$\boldsymbol{X22.1 = 1 - X7 - X4}$$

$$\boldsymbol{X22.1} = 1 - 0.5714 - 0.0256$$

$$\boldsymbol{X22.1} = 0.403$$

Se considera que

$$\boldsymbol{F23 = F22}$$

La composición en la entrada del secador es 0.403 es decir 40.30 %, las normas oficiales mexicanas nos indica que para ser una harina de pescado de tener como máximo un 10% de humedad es decir 0.10 en fracción másica, así que se debe de retirar el exceso de humedad en el secador para alcanzar este porcentaje.

Calculo de corriente **F26**

Se calcula el flujo másico de la corriente **F26**, ya que en el secado solamente retiramos agua, tanto los residuos sólidos como el aceite permanecen constantes.

$$\boldsymbol{F26 * 0.9 = F23.4 + F23.7}$$

$$\boldsymbol{F26} * 0.9 = 1034.0611\frac{Kg}{hr} + 46.3385\frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F26} * 0.9 = 1080.3996\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F26} = \frac{1080.3996\ \frac{Kg}{hr}}{0.9}$$

$$\boldsymbol{F26} = 1200.44\ \frac{Kg}{hr}$$

Se calcula los kilogramos de agua en la corriente **F26**

$$\boldsymbol{F26.1 = F26 - F23.4 - F23.7}$$

$$\boldsymbol{F26.1} = 1200.44\ \frac{Kg}{hr} - 1080.3996\ \frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F26.1} = 120.0404\frac{Kg}{hr}$$

Calculo de flujo másico de la corriente F25

Humedad

Ya que la corriente **F25** es una mezcla de agua y aire primero se calculara la cantidad de agua removida que fluirá a la corriente **F25** y posteriormente en el balance de energía se calculara el total de **F25** de la mezcla aire más agua

$$\boldsymbol{F25.1} = 729.1474\frac{Kg}{hr} - 120.0404\frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F25.1} = 609.107\ \frac{Kg}{hr}$$

Balance de materia y energía

La temperatura de la corriente **F25** es de 80 C° y se desea que salga a 88 °C, se considera el aire caliente de entrada a una temperatura de 90 °C y una humedad de 0.010 (Kg de agua/ Kg de aire seco) y a la salida a 85 °C.

Balance de materia con respecto a la humedad

G2x2.1+Ls1x1=G1x1.1+Ls2x2

Sustituyendo valores

G1*(.010)+ 1034.0611*(0.403)= G2x2.1+1034.0611* (0.1)

Balance de energía

G1*hent1+Ls1*hent1= G2*hent2+Ls2*hent2

Calculo de entalpia de entrada Ghent1

Ghent1=Cs (Tg2-To)+H2*λo

Cs=1.005+1.88*(H1)

Cs=1.005+1.88*(0.01)

Cs=1.0238

λo= 2501

Ghent1=Cs (Tg2-To)+H1*λo

Ghent1=1.0238*(90-0)+ 0.01*(2501)

Ghent1=117.152

Calculo de entalpia de salida Ghent1

Ghent2=Cs (Tg2-To)+H2*λo

Ghent2= (1.005+1.88*(H1))*(85-0)+H1* 2501

Ghent2=85.425+2660.8H1

Se calcula la entalpia de los solidos

$$Cp\ del\ solido = 3.5198\ \frac{Kj}{Kg * °C}$$

Entalpia de entrada

Hents1=cp*(Ts1-To)+X1*cp*(Ts1-To)

Hents1=3.5198*(80) + (.403)*3.5198*(80-0)

Hents1=389

Entalpia de salida

Hents2=cp*(Ts2-To)+X1*cp*(Ts2-To)

Hents2=3.5198*(88) + (.403)*3.5198*(88-0)

Hents2=434

Con los valores obtenidos se sustituyen en el balance de energía

G1*hent1+Ls1*hent1= G2*hent2+Ls2*hent2

G* 117.152+ 1034.0611*389 = G*(85.425+2660.8H1)+ 1034.0611*434

Se resuelve conjuntamente con el balance de materia

G1*(.010)+ 1034.0611*(0.403)= G2x2.1+1034.0611* (0.1)

Quedando así las expresiones

G2x2.1=0.0140G-2.0584

G=Gx2.1-31452.95

Ahora se sustituye entre si las ecuaciones con las expresión es anteriores

Resultados

$$\boldsymbol{G} = 31897.4559\ \frac{Kg\ de\ aire\ seco}{hr}$$

$$\boldsymbol{G} = \boldsymbol{F24}$$

$$\boldsymbol{F24} = 31897.4559\ \frac{Kg\ de\ aire\ seco}{hr}$$

$$Humedad\ de\ salida = 0.0140\ \frac{Kg\ de\ agua}{Kg\ de\ aire\ seco}$$

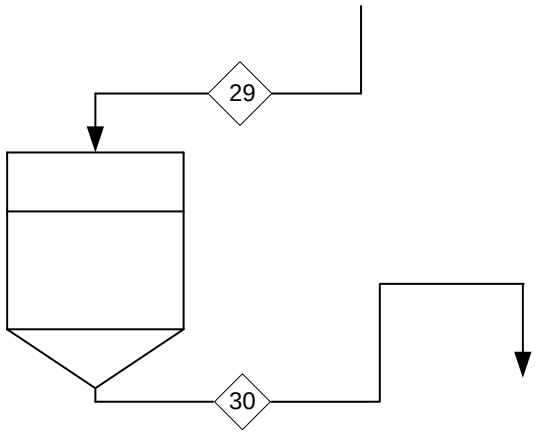
Flujo másico corriente **F25**

$$\boldsymbol{F25} = \boldsymbol{F25.1} + \boldsymbol{F25.8}$$

$$\boldsymbol{F25} = 31897.4559\frac{Kg}{hr} * 1.01 + 609.107\frac{Kg}{hr}$$

$$\boldsymbol{F25} = 32506.5629\ \frac{Kg}{hr}$$

Silo



Dónde:
1: Humedad
2: Proteína
3: Ceniza
4: Aceite
5: Carbohidratos
6: Fibra
7: Residuos solido
8: Agua
9: Aire

S-001

Al silo entrara el pescado ya convertido en la harina de pescado, de este equipo se transportara la cantidades de harina necesaria a las llenadoras de harina de pescado para su envasado en costales de 50 kg cada uno.

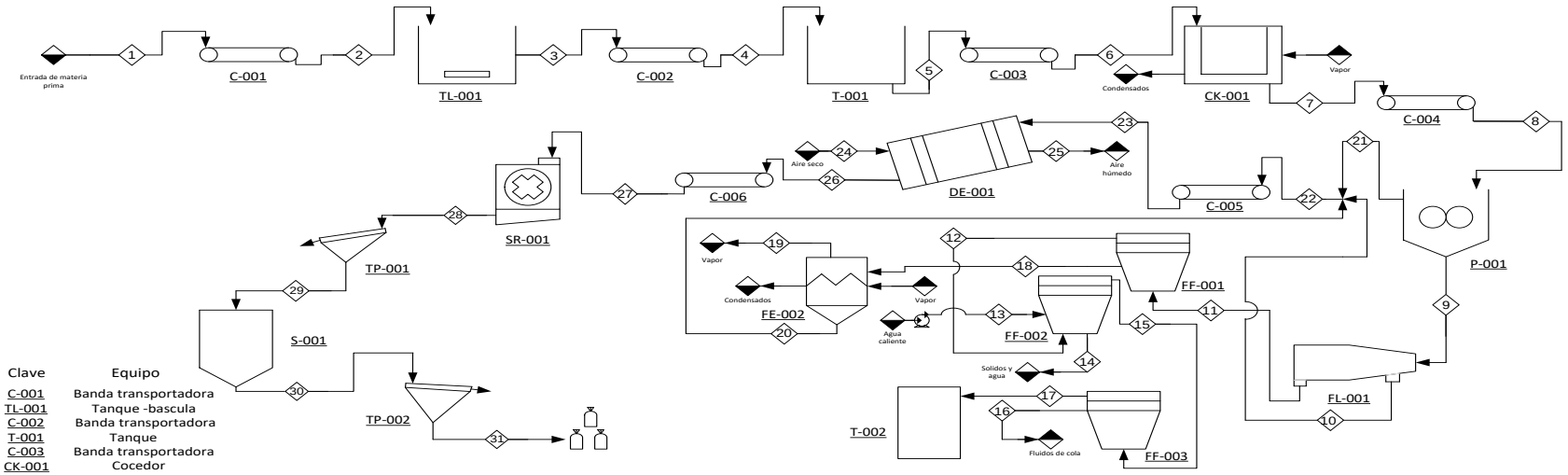
$$F29 = 1200.44\ \frac{Kg}{hr}$$

El flujo por minuto de harina de pescado seria dada en minutos para el llenado de los costales, por lo tanto:

$$F30 = 1200.44\ \frac{Kg}{hr} * \frac{1\ hr}{60\ min} = 20\ \frac{Kg}{min}$$

Siendo así necesario aproximadamente 2.5 minutos para el llenado de un costal de 50 Kg.

6.2 Balance general de materia y energía



Clave	Equipo
C-001	Banda transportadora
TL-001	Tanque -bascula
C-002	Banda transportadora
T-001	Tanque
C-003	Banda transportadora
CK-001	Cocedor
C-004	Banda transportadora
P-001	Filtro-prensa
FL-001	Centrifuga-decantadora
FF-001	Centrifugadora
FF-002	Clarificador
FF-003	Super-centrifuga
T-002	Tanque para aceite
FE-002	Evaporador de triple efecto
C-005	Banda transportadora
DE-001	Secador continuo rotatorio
C-006	Banda transportadora
SR-001	Trituradora de martillos
TP-001	Transportador neumatrico
S-001	Silo para harina de pescado
TP-002	Equipo de envasado para harina de pescado

Balance de materia

Corriente (Fracción másica) / Componente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Humedad	0.7140	0.7140	0.7140	0.7140	0.7140	0.7140	0.7140	0.7140	0.7326	0.7326	0.7326	0.7326	—	0.7999	0.7418	1	—	0.9163	—	0.4809	0.5	0.403	0.403	0.01	0.14	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Proteina	0.1515	0.1515	0.1515	0.1515	0.1515	0.1515	0.1515	0.1515	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ceniza	0.0965	0.0965	0.0965	0.0965	0.0965	0.0965	0.0965	0.0965	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Grasa	0.0368	0.0368	0.0368	0.0368	0.0368	0.0368	0.0368	0.0368	0.0402	0.0402	0.0402	0.0402	—	—	0.2582	—	1	0.0032	—	0.0191	0.03	0.0256	0.0256	—	—	0.0386	0.0386	0.0386	0.0386	0.0386	0.0386
Carbohidratos	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fibra	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Residuos solidos	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2772	0.2772	0.2772	0.2772	—	0.2001	—	—	—	0.0805	—	0.5	0.5	0.5714	0.5714	—	—	0.8614	0.8614	0.8614	0.8614	0.8614	0.8614
Agua	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aire	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.99	0.986	—	—	—	—	—	—
Temperatura (°C)	-4	-4	-4	-4	-4	-4	100	90	80	80	80	80	95	95	95	95	95	80	95	95	80	80	80	90	85	88	88	88	88	60	30
Presión (Atm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Flujo total (Kg/hr)	3396	3396	3396	3396	3396	3396	3396	3396	2264.5	461.5	1802.9	462.8	73.2	231.4	304.6	226	78.6	1840	1124.2	215.7	1132.3	1809.5	1809.5	31897	32506	1200.4	1200.4	1200.4	1200.4	1200.4	1200.4

OBSERVACIONES	ANOTACIONES	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS
		PLANTA DE HARINA DE PESCADO
		ELABORO: SANTIAGO CABRERA ROMEO DE JESÚS
		ASESOR: DR. JUAN JOSÉ VILLALOBOS MALDONADO

En el balance general está dado por todas las entradas y salidas de materia en las distintas corrientes dentro de la línea de proceso. El balance general de energía estará dado por los flujos de calor en los equipos y operaciones que lo demanden.

Balance general de materia

$$Correntes\ de\ entrada = Corrientes\ de\ salida$$

$$\boldsymbol{F1 + F13 + F24 = F14 + F16 + F17 + F19 + F25 + F31}$$

$$3396\frac{Kg}{hr} + 73.2\frac{Kg}{hr} + 31897\frac{Kg}{hr} = 231.4\frac{Kg}{hr} + 226\frac{Kg}{hr} + 78.6\frac{Kg}{hr} + 1124.2\frac{Kg}{hr} + 32506\frac{Kg}{hr} + 1200.4\frac{Kg}{hr}$$

$$35366\ \frac{Kg}{hr} = 35366\frac{Kg}{hr}$$

Pescado procesado

$$3396\frac{Kg}{hr}$$

Harina de pescado

$$1124.2\frac{Kg}{hr}$$

Aceite de pescado

$$78.6\frac{Kg}{hr}$$

Balance general de energía

Equipos que utilizan energía:

$$\boldsymbol{QT\ = Q\ caldera\ de\ fusion\ en\ seco + Q\ evaporador\ triple\ efecto}$$

$$\mathbf{QT} = 1203444.646\ \frac{Kj}{hr} + 1316268.78\frac{Kj}{hr}$$

$$\mathbf{QT} = 2519713.426\ \frac{Kj}{hr}$$

6.3 Balance de materia y energía servicios auxiliares

Balance servicio auxiliar

Vapor

Se tienen dos equipos que necesitan vapor uno es la caldera de fusión en seco y el otro es el evaporador de triple efecto, para calcular el vapor requerido de debe de ir a los balances de energía y conocer las condiciones del vapor que se necesita para cada operación, así se obtiene la cantidad de agua necesaria que se debe de convertir en vapor.

Caldera de fusión en seco

Calor requerido:

$$\mathbf{Q} = 1203444.646\ \frac{Kj}{hr}$$

Se ha optado que sea calentado por un vapor saturado a 50 psi para llevar a cabo la cocción, y que solo transmitirá calor latente, así con esta elección, se debe de buscar en tablas la entalpia del vapor saturado a 50 psi.

De las tablas de Termodinámica, séptima edición, Yunus Cengel. Michael A. Boles

$$hv = 2149.195\frac{Kj}{Kg}$$

Calculamos el vapor requerido

$$Q = hv * m$$

$$m = \frac{Q}{hv}$$

$$m = \frac{1203444.646\ \frac{Kj}{hr}}{2149.195\frac{Kj}{Kg}}$$

$$m = 559.9513\ \frac{Kg}{hr}$$

Evaporador de triple efecto

Calor requerido:

$$\mathbf{Q} = 1316268.78\ \frac{Kj}{hr}$$

Se ha optado que sea calentado por un vapor saturado a 40 psi para llevar a cabo la cocción, y que solo transmitirá calor latente, así con esta elección, se debe de buscar en tablas la entalpia del vapor saturado a 40 psi.

(De las tablas de Termodinámica, séptima edición, Yunus Cengel. Michael A. Boles)

$hv = 2706 \frac{Kj}{Kg}$

Calculamos el vapor requerido

$\boldsymbol{Q = hv * m}$

$\boldsymbol{m = \frac{Q}{hv}}$

$m = \frac{1316268.78 \ \frac{Kj}{hr}}{2706 \frac{Kj}{Kg}}$

$m = 486.4260 \ \frac{Kg}{hr}$

Vapor total

$\boldsymbol{mt = m1 + m2}$

$\boldsymbol{mt} = 559.9513 \ \frac{Kg}{hr} + 486.4260 \ \frac{Kg}{hr}$

$\boldsymbol{mt} = 1186.3773 \ \frac{Kg}{hr}$

Caldera

Dentro del servicio auxiliar se encuentra la caldera de vapor, la cual es la generadora de vapor, con la cantidad de calor requerido se puede calcular los caballos de vapor que tendrá la caldera.

$1 \ Caballo \ caldera \ = \ 15.65 \ Kg \ de \ vapor \ / \ h$

$1 \ Caballo \ caldera \ = \ 33472 \ Btu/h$

Conversión

$33472 \ btu/h \ (1.05506 \ Kj \ / \ 1 \ Btu \ ) \ = \ 35314.968 \ Kj/h$

$QT = 2519713.426 \ \frac{Kj}{hr}$

$1 \ cc \ --------- \ 35314.968 \ Kj/h$

$X \quad ---------- 2519713.426 \ Kj/h$

Caballos de vapor requerido

$BHp = \ 71.3497$

Combustible

Para la generación de vapor se debe de quemar algún tipo de combustible, en este caso por su fácil manejo y poco espacio requerido se eligió gas LP, para calcular lo kilogramos por hora de combustible a quemar se usó su poder calorífico inferior.

Calculo combustible requerido

$$Pci = 49495 \frac{Kj}{Kg}$$

$Pci: Poder\ calorifico\ inferior$

$Q = m * Pci *$η

η:eficiencia

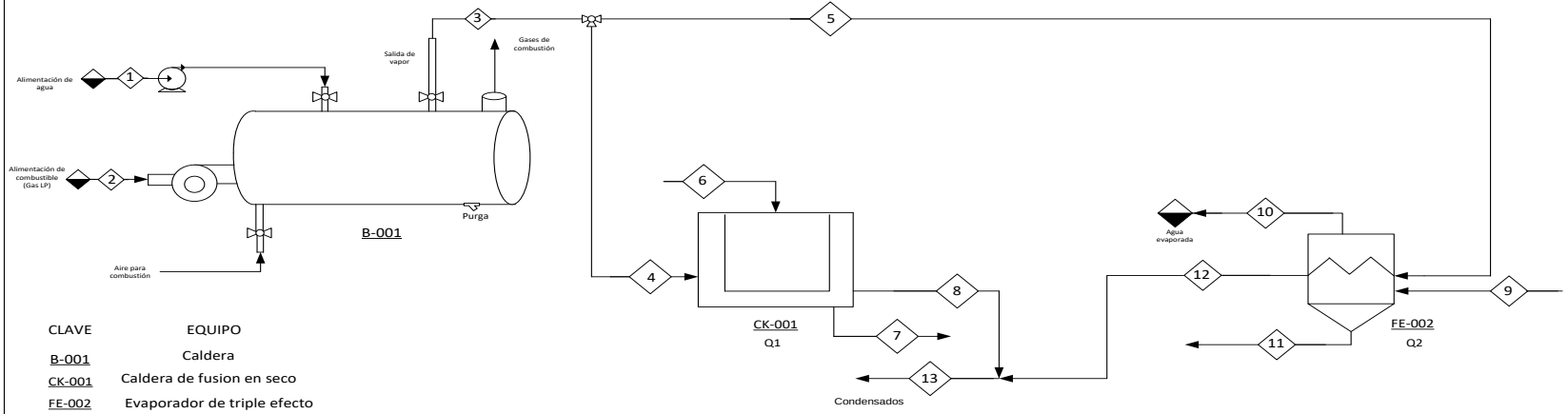
Considerando una eficiencia de 75%

$$m = \frac{Q}{0.75 * Pci}$$

$$m = \frac{2519713.426 \frac{Kj}{hr}}{0.75 * 49{,}495 \frac{Kj}{Kg}}$$

$$m = 67.8779 \frac{Kg}{hr}$$

Vapor



CLAVE	EQUIPO
B-001	Caldera
CK-001	Caldera de fusion en seco
FE-002	Evaporador de triple efecto

Balance de energia

Q	1	2
Flujo (Kj/hr)	1203444.646	1316268.78

Balance de materia

Flujo (Fracción másica) / Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Agua	1												
Gas LP		1											
Vapor			1	1	1			1				1	1
Pescado procesado						1	1		1		1		
Agua evaporada										1			
Presión (Psi)	50	190	50	50	40	14.69	14.69	50	14.69	12.18	12.18	40	40
Temperatura (°C)	30	37	137	137	130	-4	100	137	80	106	95	130	130
Flujo másico total (Kg/hr)	1186	67	1186	559	486	3396	3396	560	1340	1124	216	486	1186

OBSERVACIONES	ANOTACIONES	DIAGRAMA DE SERVICIO AUXILIAR "VAPOR"
		PLANTA DE HARINA DE PESCADO
		ELABORO: SANTIAGO CABRERA ROMEO DE JESÚS
		ASESOR: DR. JUAN JOSÉ VILLALOBOS MALDONADO

7. Normas Oficiales Mexicanas para puesta en marcha y funcionamiento de una planta procesadora de harina de pescado

NMX-Y-013-1998-SCFI

ALIMENTOS PARA ANIMALES - HARINA DE PESCADO-ESPECIFICACIONES

NMX-Y-015-SCFI-2006

ALIMENTOS PARA ANIMALES-HARINA DE PESCADO CON SOLUBLES-DESTIDADA A LA ALIMENTACION DE ANIMALES-ESPECIFICACIONES

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CCA-028-ECOL/1993

ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA DE PREPARACIÓN Y ENVASADO DE CONSERVAS DE PESCADOS Y MARISCOS Y DE LA INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-242-SSA1-2009

PRODUCTOS Y SERVICIOS. PRODUCTOS DE LA PESCA FRESCOS, REFRIGERADOS, CONGELADOS Y PROCESADOS. ESPECIFICACIONES SANITARIAS Y MÉTODOS DE PRUEBA.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-251-SSA1-2009

PRÁCTICAS DE HIGIENE PARA EL PROCESO DE ALIMENTOS, BEBIDAS O SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS.

NOM-027-SSA1-1993 "PRODUCTOS DE LA PESCA"

NOM-120- SSA1-1994 "PRÁCTICAS DE HIGIENE"

NOM-042-SSA1-1993 "PRÁCTICAS DE HIGIENE"

NOM-128-SSA1-1994 "SISTEMA DE ANÁLISIS DE RIESGOS"

NOM-050-SCFI- 1994 "DISPOSICIONES GENERALES"

8. Conclusiones

Una vez terminado este proyecto se puede llegar a ciertas conclusiones con respecto a este, como principal conclusión seria el grave problema que implica el pez diablo dentro de nuestra entidad y que debe de ser de manera industrial ya que se ha comprobado con especies de difícil erradicación que se puede llegar a controlar su población e incluso eliminarla, pero que debe de realizar de manera que se obtengan ganancias, generando así un producto con un valor agregado, en este caso se sugiere la elaboración de harina y aceite de pez diablo.

El contenido de nitrógeno tuvo como resultado estar alrededor del 8% por lo cual resulta favorable, ya que este macronutriente es muy importante para ser tomado en cuenta como fertilizante, este valor comparado con otros fertilizantes del mismo tipo resulta cercano ya que algunos se encuentra en un valor cercano del 9% de nitrógeno, con esto se puede decir que se puede aprovechar como fertilizantes, aunque debe de comprobarse con pruebas en campo, en plantas y analizar el comportamiento que esta tienen sobre su crecimiento.

Al realizar los análisis se encuentra un ligero inconveniente con respecto a la cantidad de ceniza (minerales) que se encuentra presente en la harina del pez diablo, este porcentaje resulta elevado y hace valer que no cuenta con una gran cantidad de carne y si de huesos y esa dura piel en forma de armadura que lo rodea, esta cantidad grande de cenizas, hace que en papel no cumpla con la cantidad requerida por la NMX-Y-013-1998-SCFI para alimentos para animales la cual marca como máximo un 16% de contenido en ceniza, con esto se estaría dificultando su uso para este rubro, aunque se podría investigar más y buscar alternativas sobre este tema.

La oferta de tecnología para el proceso de harina de pescado es en cierta medida alta a nivel internacional, aunque al ahondar sobre el tema en nuestro país resulta de cierta manera complicado encontrar a proveedores de ciertas tecnologías y equipos, pero aun así debe de considerarse factible la importación de tecnología proveniente de otros países para el procesamiento en harina.

En cuanto al rendimiento y a la intención de aceite resultan valores favorables para su procesamiento, obteniéndose rendimientos mayores de 20% esto en gran medida a la composición del pescado ya que como se había mencionado anteriormente la cantidad de huesos y espinas es alta.

Como conclusión final, hasta este punto avanzado en el proyecto realmente parece muy prometedor el aprovechamiento del pez diablo, ya que cuenta con propiedades como buen contenido de nitrógeno y ácidos grasos, así como un alto contenido en minerales, que esto hace pensar que pueden llegar a ser aprovechadas, como harina de pescado y aceite, y de esta manera se estaría aprovechando una especie sin ningún valor aparente y causante de muchos problemas, tanto ambientales como sociales-económicos, y al aprovecharlo se estaría generando empleos, ganancia económica y combatiendo el problema, para poder combatirlo esta problemática de mejor manera es necesario seguir analizando este tema y continuar impulsando propuestas que ayuden a resolver este problema en nuestra entidad.

9. Bibliografía.

- ✓ Redacción. (23-Ago-2015). Pez diablo "domina" en el cañón del sumidero. 01-Julio-17, de Tierra Fértil Sitio web: http://www.tierrafertil.com.mx/pez-diablo-domina-en-el-canon-del-sumidero/.

- ✓ Zaldívar, L.F.J (2002). Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. En: Cruz, S.L. E., Ricque, M.D., Tapi, S.M., Gaxiola, C.M.G. y Simoes, N. (Eds.). Avances en nutrición acuícola VI. Memorias de VI Simposium Internacional de nutrición acuícola. (2002). Cancún, Quintana Roo, México.

- ✓ Vargas, V.C.G. (2005). Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de Plecostomus spp. Tesis de licenciatura en ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Jiquilpan, México.

- ✓ Escalera, G.C. y Arroyo, D.M. (2005). Caracterización Fisicoquímica del Plecostomus spp. y Alternativas de Utilización. Informe Técnico COMPESCA. México. (Inédito).

- ✓ NMX-F-068-S-1980. Norma oficial mexicana para determinar proteínas por el método Kjeldahl.

- ✓ NMX-F-093-1976. Norma oficial mexicana para la determinación de cenizas en alimentos para animales.

- ✓ NMX-Y-013-1998-SCFI. Norma oficial mexicana. Alimentos para animales. Harina de pescado-especificaciones.

- ✓ Au, N. y Bidart, J. (1992). Manual de harina de pescado. Compañía pesquera San Pedro S.A.C.I., Coronel, Chile.

- ✓ Azevedo P, 1938. O cascudo dos açudes nordestinos Plecostomus. Arquivos do Instituto Biológico: 211-224.

- ✓ Jokumsen, A. (1991). Association of fish meal oil manufacture. Dinamarca. En Sandbol, P. (1993). Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: Implicaciones sobre la evaluación de la calidad. Avances en nutrición y alimentacion animal: IX concurso de especialización FEDNA/coord. por García, R.P., Da Blas, B.C., Mateos, G.G.

- ✓ Smith, L., Lee, P.G., Lawrence, A.L. y Strawn, K. (1985). Growth and digestibility by three sizes of penaeus vannamei Boone: effects of dietary protein level, and protein source. Aquaculture.

- ✓ Douglas, R. H., S. P. Collin y J. Corrigan. 2002. The eyes of suckermouth armoured catfish (Loricariidae, subfamily Hypostomus [sic]): pupil response, lenticular longitudinal spherical aberration and retinal topography. J. Exp. Biol. 205.

- ✓ Aparecida, Perna, S. Marisa, Narciso, F., 1996.Gill morphometry of the facultative airbreathing loricariid fish, Hypostomus plecostomus (Walbaum) with special emphasis on aquatic respiration. Fish Physiology and Biochemistry: 213-220.

- ✓ Hernández, A. M. J., 2010. Elaboración de Harina de plecostomus "Manual de apoyo". Gobierno de Chiapas. Prodapesi: 1-17.

- ✓ Cano-Salgado, M.P. 2011. El plecos (Pterygoplichthys spp.): su invasión y el abordaje de las cooperativas balancanenses. Tesis de Doctorado. El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco, México.

- ✓ Graham, J. B. y T. A. Baird. 1982. The transition to air-breathing in fishes – I. Environmental effects on the facultative air breathing of Ancistrus chagresi and Hypostomus plecostomus (Loricariidae). J. Exp. Biol. 96: 53-67.

- ✓ Molina, A., Herrera, D. y Rodríguez, L. 2010. Nuevo reporte de peces diablo (Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca del río Reventazón, Costa Rica. Brenesia 73-74: 135-136.

- ✓ Weber, C. 2003 Loricariidae - Hypostominae (Armored catfishes). p. 351-372. In: R.E. Reis, S.O. Kullander and C.J. Ferraris, Jr. (eds.) Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS, Brasil.

- ✓ Amador del Ángel L. E., E. del C. Guevara Carrió, R. Brito Pérez y E. Endañú Huerta. 2014. Aspectos biológicos e impacto socio-económico de los plecos del género Pterygoplichthys y dos cíclidos no nativos en el sistema f1uvio lagunar deltaico Río Palizada, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche. Universidad Autónoma del Carmen. Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO Ficha técnica pez diablo Pterygopllchthys pardalis, proyecto No. GN004 México D. F.

- ✓ Menezes, R. S. 1973. Recursos pesqueiros da bacia do rio Parnaíba (Maranhao e Piauí). Bol. Técnico, 31(1):51-94.

- ✓ Miller, R. R. 1966. Geographic distribution of Central American freshwater fishes. Copeia (4):773-802.

- ✓ Muller-Gomiero, L. y F. M. de Souza-Braga. 2005. The condition factor of fishes from two river basins in São Paulo state, Southeast of Brazil. Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá 27:73-78.

- ✓ Caracterización fisicoquímica del Hypostomus plecostomus y alternativas de utilización. 01-05-17, de Sappi Sitio web: http://sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20050858_2030.pdf.

- ✓ Velaznquez E.. (08-06-2013). El pez diablo especie invasora en Chiapas. 04-04-2017, de Lacandonia Sitio web: https://www.researchgate.net/profile/Jesus_Lopez41/publication/274376494_El_pez_diablo_especie_invasora_en_Chiapas/links/551cdc8e0cf2909047bcaf49/El-pez-diablo-especie-invasora-en-Chiapas.pdf

Anexos

Antecedentes

Fig. 1.0 Pleco o pez diablo en pecera

Fig. 1.1 Hábitat natural del pez diablo

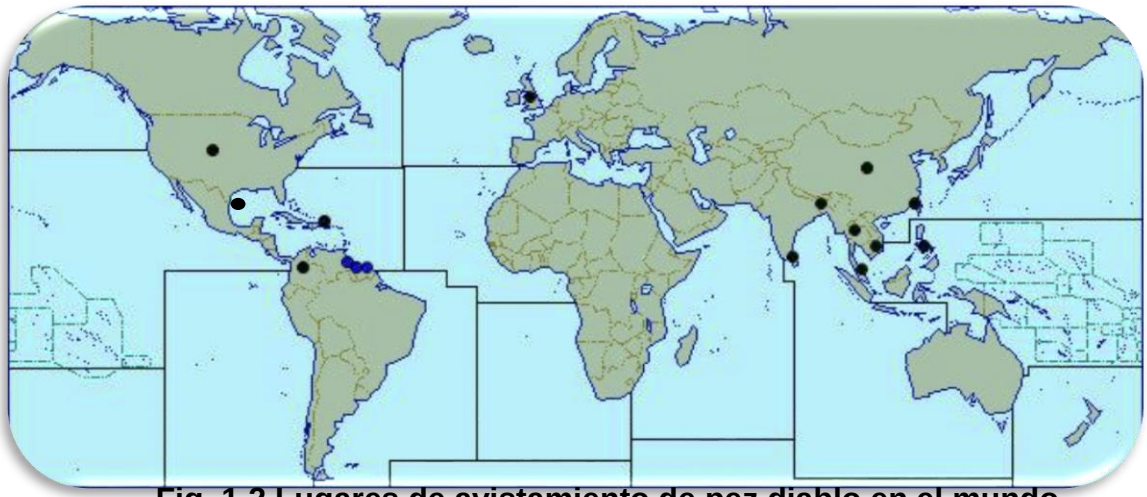


Fig. 1.2 Lugares de avistamiento de pez diablo en el mundo.

Fig. 1.3 Nido de bagres armados o pez diablo.

Fig.1.4 Población de pez diablo pescada

Fig.1.5 Redes dañadas por el pez diablo

Fig. 1.6 Cocodrilo devorando pez diablo

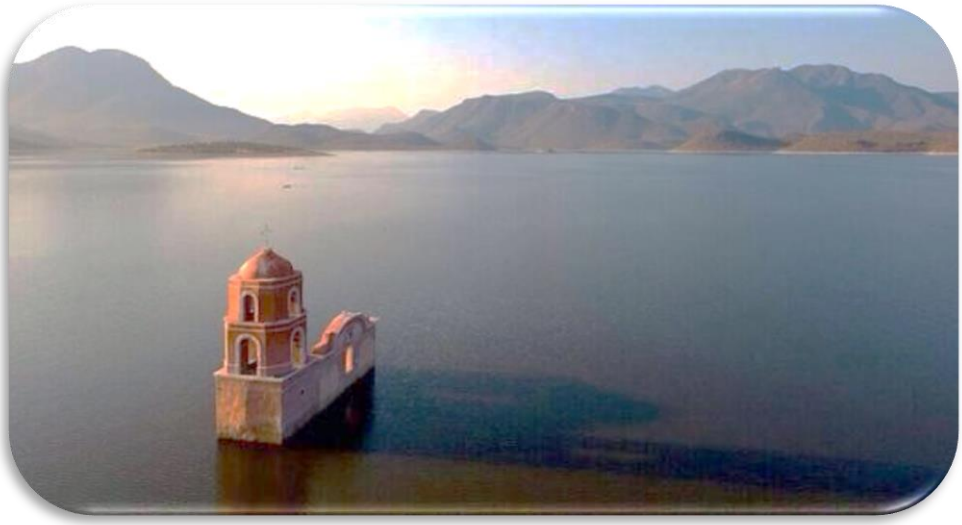


Fig. 1.7 Presa el Infiernillo Mich. (Lugar de los primeros avistamientos de pez diablos en Mex.)

Fig. 1.8 Distribución de pez diablo en México.

Fig. 1.9 Pez León, Especie invasiva en México.

Fig. 2.0 Estrella de mar japonesa.

Fig. 2.1 Palomilla del nopal

Fig. 2.2 Perca del Nilo, ejemplo de especie invasora, puede llegar hasta 2 m de largo.

Fig. 2.3 Mojarra (Cicla ocellaris) especie invasora en Panamá.

Proceso

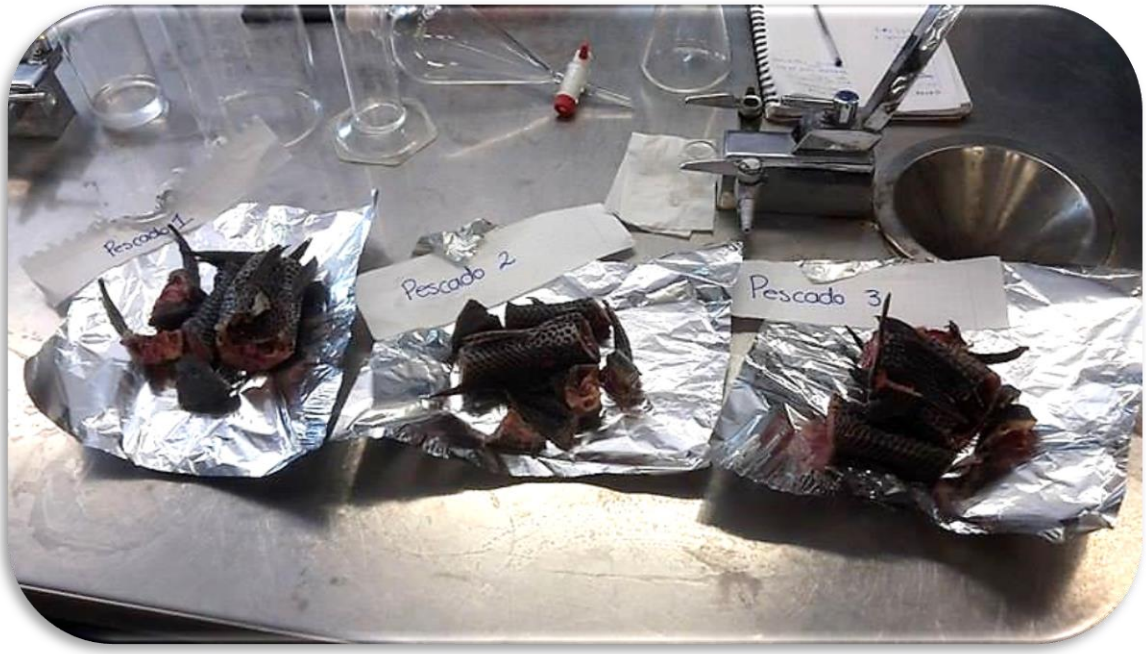


Fig. 2.4 Pescados cortados y pesados listos para cocción

Fig.2.5 Adaptación de olla con enchaquetado.

Fig. 2.6 Medición y control de temperatura.

Fig. 2.7 Pescado antes de cocción

Fig. 2.8 Pescado cocido

Fig. 2.9 Molienda y prensado de pescado

Fig. 3.0 Secado de pescado

Fig. 3.1 Harina de pez diablo obtenida

Análisis proximales

Fig. 3.2

Fig. 3.3

Fig. 3.4

Fig. 3.5

Fig. 3.6

Fig. 3.7

Fig. 3.8