

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“CONSTRUCCIÓN DE UN EXTRACTOR DE SUCEDÁNEO
DE LECHE Y SU EVALUACIÓN EN QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd) FRENTE A UNA
TECNOLOGÍA ARTESANAL”**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. YENI LUDY ARAPA FERNÁNDEZ

Bach. HUBERT FERNANDO JAMACHI ARPASI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERU

2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
TESIS

**"CONSTRUCCIÓN DE UN EXTRACTOR DE SUCEDÁNEO DE
LECHE Y SU EVALUACIÓN EN QUINUA (*Chenopodium quinoa*
Willd) FRENTE A UNA TECNOLOGÍA ARTESANAL"**

TESIS PRESENTADA POR:

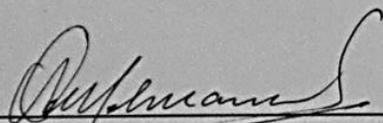
Bach. YENI LUDY ARAPA FERNÁNDEZ

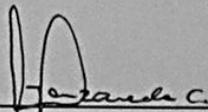
Bach. HUBERT FERNANDO JAMACHI ARPASI

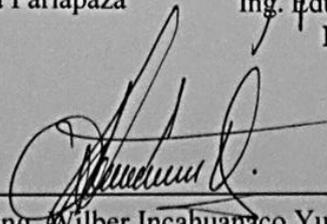
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

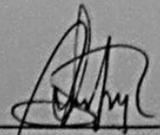
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

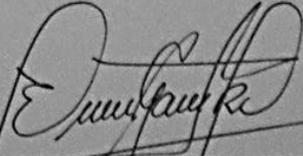
APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:


Ing. M.sc. Alfredo Callohuanca Pariapaza
PRESIDENTE


Ing. Eduardo Juan Manzaneda Cabala
PRIMER MIEMBRO


Ing. Wilber Incahuanaco Yucra
SEGUNDO MIEMBRO


Ing. M.sc. Roger Segura Peña
DIRECTOR DE TESIS


Ing. Edgar Gallegos Rojas
ASESOR DE TESIS

PUNO

-
2010

PERU

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA



*A DIOS
Y
A NUESTRAS FAMILIAS*

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por haber preparado cada uno de los caminos que debimos recorrer durante nuestro periodo de estudio en la Universidad, otorgándole a nuestros queridos padres, salud y fuerza necesaria para hacer realidad nuestros sueños.

Queremos agradecer de manera especial a nuestros padres Marcelino, Teófilo, Eulalia y Elvira que son el principal baluarte de nuestra vida y que nos apoyaron durante los periodos de desmotivación, además queremos agradecer a nuestros hermanos por su comprensión.

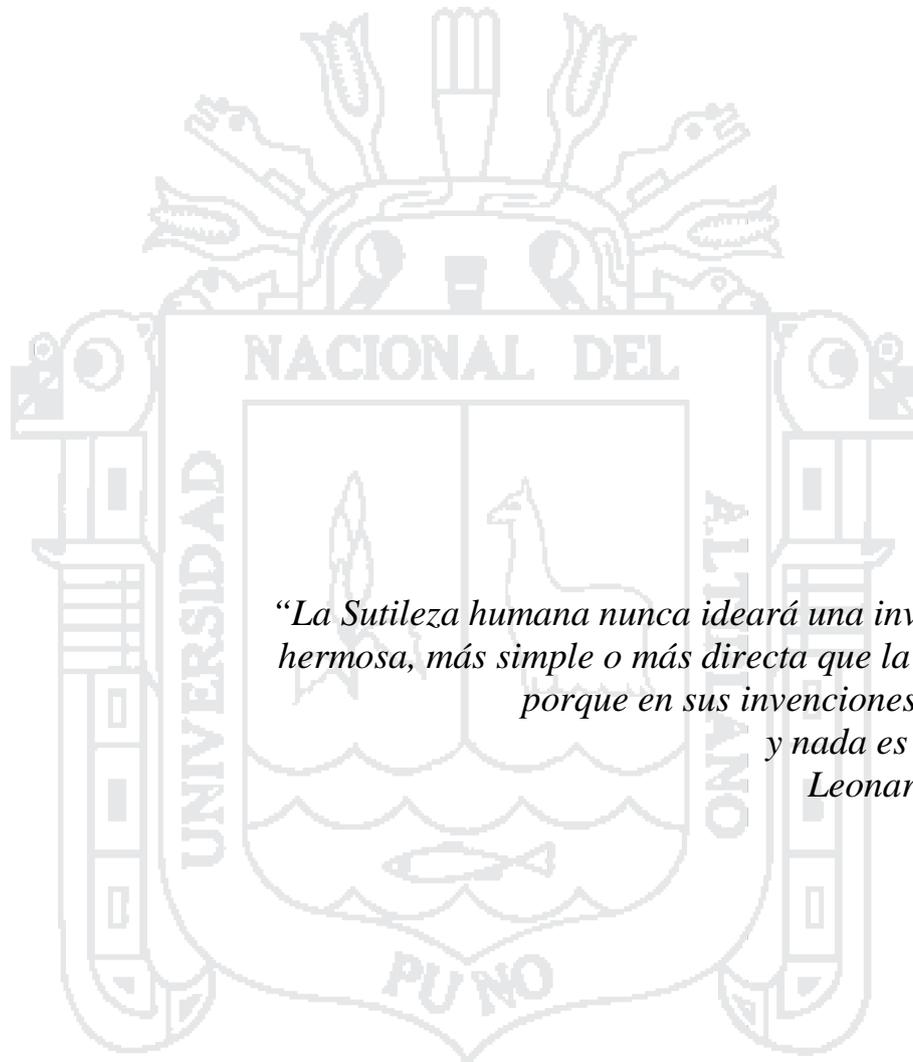
Agradecemos nuestro Director y Asesor de tesis Ing. M.Sc. Roger Segura Peña e Ing. Edgar Gallegos Rojas por su aporte en conocimientos para la elaboración de la tesis.

Agradecemos a los docentes de la escuela profesional de Ing. Agroindustrial especialmente al Ing. M.Sc. Wenceslao Medina Espinoza, por su aporte en nuestra formación profesional

Agradecemos al Ing. Ronal Olazabal Machicao por el apoyo en la dirección y asesoramiento para la construcción del equipo.

A todos muchas gracias.

YENI y HUBERT.



“La Sutileza humana nunca ideará una invención más hermosa, más simple o más directa que la naturaleza, porque en sus invenciones, nada falta y nada es superfluo.”
Leonardo da Vinci

INDICE

	Pag.
Resumen	
CAPITULO I	
1. Introducción	1
CAPITULO II	
2. Revisión de literatura	3
2.1 Extracción	3
2.1.1 Extracción solido líquido	3
2.1.2 Equipos de extracción	3
2.1.3 Tipos de extractores	4
2.2 Estrujamiento:	7
2.2.1 Equipo para el estrujamiento	6
2.3 Reducción mecánica de tamaño	9
2.3.1 Equipos para la reducción de tamaño	9
2.3.2 Molienda	10
2.3.3 Molino de martillos	12
2.3.4 Molienda en húmedo	12
2.4 Requerimientos de energía y de potencia para la reducción de tamaño	13
2.5 Procesos de separación físico-mecánico	14
2.5.1 Filtración	14
2.5.2 Filtración en la separación sólido líquido	15
2.5.3 Tipos de equipos de filtración	16
2.5.3.1 Clasificación de los filtros	16
2.6 Agitadores	17
2.7 Transmisión de calor en el procesado de alimentos	18
2.7.1 Calor	18
2.7.1.1 Calor específico	20
2.8 Mecanismos básicos de transferencia de calor	20
2.8.1 Transferencia de calor por conducción	21
2.8.2 Transferencia de calor por convección	22
2.8.3 Transferencia de calor por radiación	23
2.9 Calentamiento indirecto de los alimentos por medios de líquidos	24

2.10 Pasteurización	24
2.11 Conductividad térmica	24
2.11.1 Conductividad térmica de un líquido	25
2.12 Procesado térmico	26
2.12.1 Efecto del procesamiento térmico sobre los constituyentes de los alimentos	26
2.13 Aceros utilizados en la fabricación de equipos para la industria alimentaria	26
2.13.1 Aceros inoxidables	27
2.13.2 Clasificación de los aceros inoxidables	27
A).- Aceros austeníticos	27
B).- Aceros inoxidables ferrosos	27
C).- Aceros inoxidables martensíticos	27
2.13.3 Selección de materiales	28
2.14 Código ASME	29
2.15 Diseño de recipientes a presión	29
2.16 Recipientes de pared delgada	29
2.17 Tecnología artesanal	30
2.18 Quinua	30
2.18.1 Definición	30
2.18.3 Valor nutritivo	32
2.19 Leche vegetal	33
2.19.1 Definición	33
A.- Leche vegetal de soya	34
B.- Leche vegetal de quinua	35
2.19.2 Clasificación de la leche de quinua	36
2.19.3 Beneficios de la leche de quinua	36
2.19.4 Proceso artesanal de elaboración de la leche de quinua	37

CAPITULO III

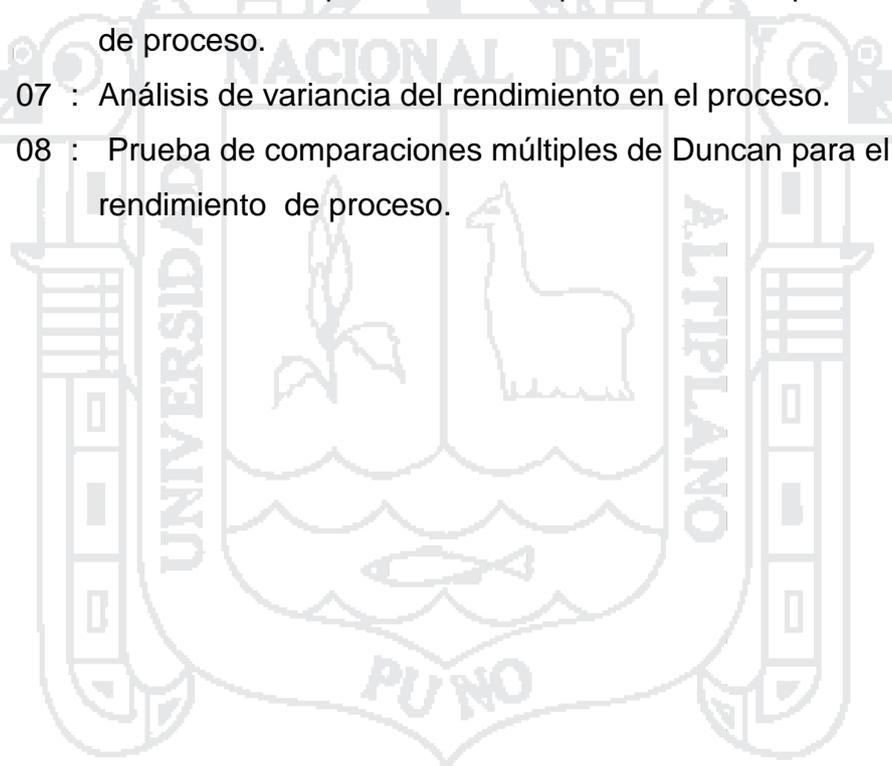
3. Materiales y métodos	42
3.1 Lugar de ejecución	42

3.2 Materiales	42
3.2.1 Materiales empleados en la construcción de extractor	42
3.2.2 Material experimental	44
3.3 Metodología	45
3.3.1 Metodología en la construcción del equipo	45
3.3.2 Metodología para el dimensionamiento con cálculo de ingeniería	47
3.3.2.1 Cálculos de la estructura del equipo extractor	47
a) Determinación de las características de la olla enchaquetada	47
b) Cálculo de la estructura del sistema de molienda	53
3.3.3 Metodología de evaluación del equipo	57
3.3.4 Metodología experimental de operación	57
3.3.4.1 Generalidades	57
3.3.4.2 Descripción integral del proceso	57
3.3.4.3 Balance de materia	60
3.3.4.4 Balance de energía	61
3.3.5 Metodología de evaluación de los tratamientos en rendimiento y tiempo	70
3.3.6 Métodos de análisis del producto final	71
A) Evaluación sensorial del producto	71
B) Evaluaciones físico - químicas del producto final	73
3.3.7 Metodología de evaluación de costos	74
3.3.7.1 Costos de procesamiento	74
CAPITULO IV	
4. Resultados y discusión	75
4.1 Dimensionamiento con cálculos de ingeniería	75
4.1.1 Cálculos para la estructura del equipo extractor	75
a) Determinación de las características de la olla enchaquetada	75
a.1 Cálculos para la estructura de la olla de proceso	76
a.2 Cálculo de la estructura de la olla exterior	79
b) Cálculo de la estructura del sistema de molienda	83
b.1 Cálculo de la estructura del molino de martillo	83

b.2 Determinación de la potencia requerida para la trituración	85
4.2 Resultados de los controles de fabricación del equipo	86
4.3 Resultados del balance de materia	86
4.3.1 Balance de materiales en el proceso artesanal	87
4.3.2 Balance de materiales en el proceso con extractor	90
4.4 Balance de energía	95
4.4.1 Balance de energía en el equipo extractor	95
a) Cálculo de calor requerido para el tratamiento térmico	95
a.1 Cálculo de calor requerido para el producto	95
a.2 Cálculo de calor requerido para el aceite	96
a.3 Perdidas de calor en la olla enchaquetada	97
a.3 .1 Pérdida de calor en la parte superior de la olla	97
a.3 .2 Pérdida de calor en la pared superior de la olla	100
a.3 .3 Pérdida de calor en la pared inferior de la olla	104
a.3 .4 Pérdida de calor en la base de la olla	107
b) Calor perdido por el equipo	110
c) Eficiencia del equipo con respecto al calor	111
4.5 Resultado de evaluación de los tratamientos en tiempo y rendimiento	112
a.- Tiempo	112
b .- Rendimiento	114
4.6 Resultados del análisis sensorial	115
4.6.1 Resultados del control de calidad	120
4.7 Resultados de evaluación de costos	121
4.7.1 Costos de procesamiento	121
4.7.2 Costo de fabricación del equipo extractor	123
5 Conclusiones	126
6 Recomendaciones	127
7 Bibliografía	128

INDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 01 : Propiedades de los aceros inoxidables.	28
TABLA 02 : Tabla comparativa de los componentes de la quinua con otros alimentos.	32
TABLA 03 : Tabla comparativa de los componentes de la quinua con otros alimentos.	33
TABLA 04 : Análisis comparativo de cinco tipos de leche vegetal.	34
TABLA 05 : Análisis de variancia del tiempo de proceso.	112
TABLA 06 : Prueba de comparaciones múltiples de Duncan para el tiempo de proceso.	113
TABLA 07 : Análisis de variancia del rendimiento en el proceso.	114
TABLA 08 : Prueba de comparaciones múltiples de Duncan para el rendimiento de proceso.	114



INDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1 : Operación de maquinas de reducción de tamaño.	11
CUADRO 2 : Materiales requeridos para la construcción del extractor.	42
CUADRO 3 : Análisis físico químico.	121
CUADRO 4 : Costos de procesamiento de 10 L. de Sucedáneo de leche con extractor.	122
CUADRO 5 : Costos de procesamiento de 10 L, de Sucedáneo de leche con proceso artesanal.	122
CUADRO 6 : Costo de materiales y ensamblado.	123



INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 01 : Extractor de contacto simple.	5
Fig. 02 : Prensa de platos.	7
Fig. 03 : Prensa de jaula.	8
Fig. 04 : Reducción del tamaño.	10
Fig. 05 : Características de un molino de martillo.	13
Fig. 06 : Características de un filtro.	15
Fig. 07 : Incidencia del líquido turbio respecto al medio filtrante.	16
Fig. 08 : Algunos impulsores típicos.	18
Fig. 09 : Ley de Fourier.	21
Fig. 10 : Ecuación de enfriamiento de Newton.	22
Fig. 11 : Ley de Stefan- Boltzmann.	23
Fig. 12 : Esquema del grano de quinua.	31
Fig. 13 : Diagrama de flujo para la obtención de leche de quinua (proceso artesanal).	41
Fig. 14 : Diagrama para la construcción del equipo.	46
Fig. 15 : Estructura de la olla enchaquetada.	48
Fig. 16 : Estructura del molino de martillo.	54
Fig. 17 : Diagrama de flujo para la elaboración de Sucedáneo de leche a partir de quinua.	60
Fig. 18 : Diagrama de flujo en el proceso artesanal (balance de materia).	93
Fig. 18 : Diagrama de flujo en el proceso con extractor (balance de materia).	94

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO 01** : Propiedad física de los alimentos
- ANEXO 02** : Conductividades térmicas, densidades y capacidades caloríficas de metales
- ANEXO 03** : Eficiencias admisibles en juntas soldadas para arco o gas
- ANEXO 04** : Guía de aceros inoxidables
- ANEXO 05** : Propiedades térmicas de los aceites
- ANEXO 06** : Propiedades físicas del aire a presión atmosférica
- ANEXO 07** : Ecuaciones simplificadas para convección natural desde diversas superficies
- ANEXO 08** : Valor de constantes de (a) y (b)
- ANEXO 09** : Constantes para los grupos adimensionales
- ANEXO 10** : Adimensionales utilizados en la transferencia de calor
- ANEXO 11** : Clasificación de los agitadores según norma DIN 28131
- ANEXO 12** : Equipo para la extracción de jugos
- ANEXO 13** : Resultados del análisis físico químico (proceso artesanal)
- ANEXO 14** : Manual de manejo del equipo extractor
- ANEXO 15** : Especificaciones técnicas del equipo
- ANEXO 16** : Diagrama eléctrico
- ANEXO 17** : Planos de construcción del equipo extractor

RESUMEN

El trabajo de investigación denominado “Construcción de un extractor de sucedáneo de leche y su evaluación en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) frente a una tecnología artesanal” fue desarrollado en la Universidad Nacional del Altiplano de la Ciudad de Puno, cuyos objetivos fueron determinar los parámetros de temperatura y tiempo (en el equipo) para obtener Sucédáneo de leche a partir de quinua, establecer las ventajas en costo, tiempo y calidad de proceso entre el equipo construido y el proceso artesanal y caracterizar la diferencia físico-químicas y sensoriales del Sucédáneo de leche a partir de quinua procesado con un extractor frente a un proceso artesanal. Para la construcción del equipo se utilizó una metodología de diseño y construcción para establecer sus características, en el que se identificaron dos componentes principales, los cuales son: una olla enchaquetada cuya capacidad máxima es de 25 litros y un molino de martillos; con una capacidad de molido de 15.6 kg/h y una potencia de motor de 1 Hp, para la construcción de las partes antes mencionadas se utilizaron normas establecidas por la ASME y API ASME, principios de transferencia de calor, resistencia de materiales y propiedades físicas de los alimentos, construidos en acero inoxidable AISI 304 amagnético. Los parámetros de temperatura y tiempo identificados para la obtención de Sucédáneo de leche a partir de quinua son de 87 °C x 15 minutos. Para establecer las ventajas en rendimiento y tiempo de proceso en la obtención de 10 litros de Sucédáneo de leche a partir de quinua entre el equipo construido y el proceso artesanal, se utilizaron herramientas estadísticas para comparar los promedios en rendimiento y tiempo con el que se identificó que existen diferencias significativas entre ambos procesos cuyos resultados son: proceso con extractor (8410 gr, 97 min) y proceso artesanal (7970 gr, 134 min). En relación a los costos de procesamiento entre los dos tratamientos se encuentra que 1 litro de leche vegetal de quinua producido con el equipo extractor cuesta s/.1.10 y de manera artesanal s/.0.90 asimismo se ha establecido las diferencias físico-químicos y sensoriales para valorar la calidad del producto final encontrándose diferencias entre ambos procesos, los resultados demuestran la factibilidad de la utilización del equipo extractor el mismo que presenta ventajas comparativas frente a una tecnología artesanal.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los profesionales y estudiantes relacionados al área de la Ingeniería Agroindustrial, en su formación y desempeño laboral se ven enfrentados a diversos procesos que implican la transformación de productos agrícolas de la Región, en productos útiles a la sociedad mediante distintos procesos productivos, siendo todo proceso productivo el resultado de una serie ordenada de etapas llamadas operaciones unitarias.

Las investigaciones Agroindustriales relacionados a la transformación de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), reviste una enorme importancia, debido a que este grano es altamente nutracéutico, el cual permite el desarrollo de nuevas tecnologías Agroindustriales relacionados a su transformación y utilización con lo que se busca aprovechar sus cualidades nutritivas excepcionales potenciando su valor nutritivo, disponibilidad de nutrientes, mayor facilidad de preparación y mejor presentación para el consumidor, siendo uno de los productos el sucedáneo de leche a partir de quinua el cual sustituye a la leche de vaca y su ventaja es que no contiene lactosa, grasa (colesterol), ni proteína animal. El sucedáneo de leche a partir de quinua también puede ser utilizado como insumo para la elaboración de otros productos.

Por lo tanto la Universidad Nacional del Altiplano es una de las Instituciones que esta en la capacidad de proponer alternativas de solución para la transformación de los productos andinos tales como la quinua para cumplir con lo antes mencionado.

Planteándose por tal motivo el trabajo de investigación “Construcción de un extractor de sucedáneo de leche y su evaluación en quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) frente a una tecnología artesanal” el cual es un aporte innovador y prometedor para la investigación Agroindustrial, puesto que en la actualidad existe la carencia de prototipos a nivel de planta piloto para desarrollar investigaciones en base a productos alto andinos.

Por estas razones los objetivos planteados en el presente trabajo fueron:

Objetivo general:

- Construir un extractor de Sucedáneo de leche para obtener leche vegetal de quinua con parámetros físico químicos adecuados frente a una tecnología artesanal.

Objetivos específicos:

- Determinar los parámetros de temperatura y tiempo (en el equipo) para obtener Sucedáneo de leche a partir de quinua.
- Establecer las ventajas en costo, tiempo y calidad de proceso entre un extractor de Sucedáneo de leche y un proceso artesanal en la obtención de Sucedáneo de leche a partir de quinua.
- Caracterizar la diferencia físico-química y sensorial del Sucedáneo de leche a partir de quinua procesado con un extractor frente a un proceso artesanal.

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EXTRACCIÓN

Al ser una primera operación de separación de un amplio abanico de industrias de transformación (azúcar, aceite, zumo de frutas, bebidas alcohólicas, etc.); la extracción constituye el punto de la cadena agro-alimentaria en que las industrias de alimentos toman el relevo al ámbito meramente agrícola, (Pierre, 1994).

El verbo extraer evoca una separación selectiva en la que se retiene una de las fases (el extracto) y se rechaza la otra (el residuo). Sin embargo, ya que a menudo se prefiere hablar de “coproducto” más que de subproducto, el residuo primario se somete también a una extracción que permite su aprovechamiento y aumento de valor, (Fenemma, 1993).

2.1.1 EXTRACCIÓN SÓLIDO LÍQUIDO

La extracción sólido - líquido, también llamada extracción por disolvente, es una operación de transferencia de materia destinada a separar los principios solubles de un sustrato sólido, mediante su “difusión” en un solvente.

Por regla general, la fase noble esta constituida por la solución del extracto (jugo de remolacha, mezcla de aceite, mosto de cervecería, etc.) mientras que la fase insoluble constituye el residuo (tortas, estrujado de oleaginosas, residuos de cebada), (Pierre, 1994).

2.1.2 EQUIPOS DE EXTRACCIÓN

Según Brennan, (1998); indica que la extracción sólido - líquido se lleva acabo, en la industria alimentaria sobre productos groseramente divididos.

En numerosos casos, el sólido tiene una estructura celular. El equipo usado incluye tanques estáticos de contacto simple y extractores con lecho en movimiento continuo.

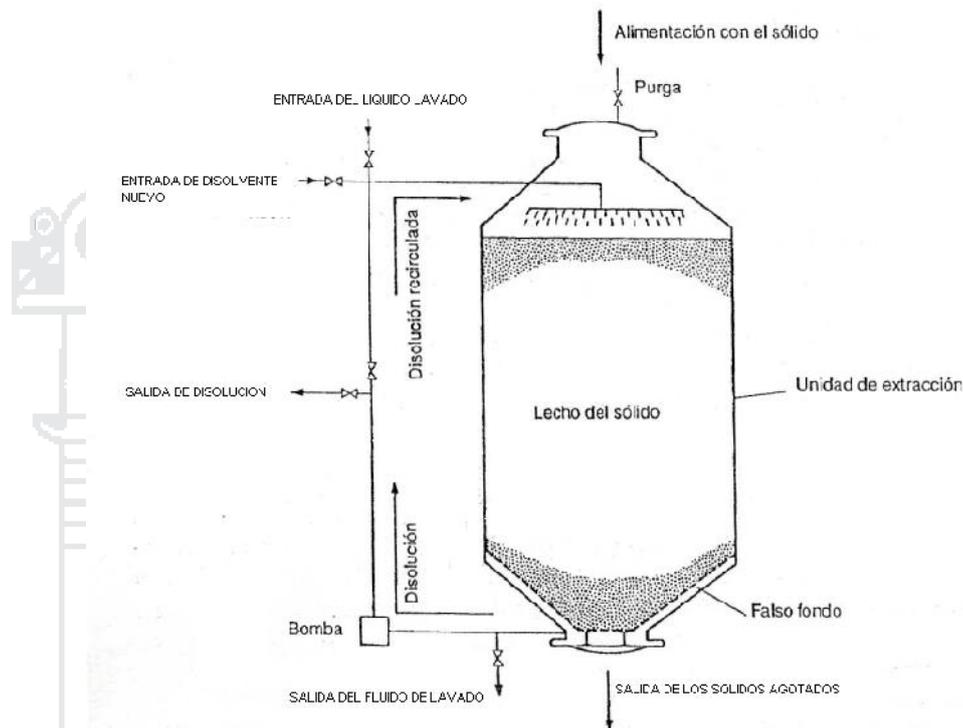
2.1.3 TIPOS DE EXTRACTORES

a.- Extractores de contacto simple: El extractor mas simple consiste en un tanque abierto, provisto de doble fondo, en el que el sólido a extraer se coloca sobre el falso. El disolvente se distribuye sobre la superficie del lecho del sólido y percola a su través; la disolución se retira por medio de un drenaje situado bajo el falso fondo. En los alimentos, la extracción suele llevarse a cabo a presiones y temperaturas elevadas. En el caso de la extracción de aceites, el disolvente es relativamente volátil. Tanto por esta razón, como por consideraciones higiénicas, los recipientes están herméticamente cerrados y deben ser capaces de resistir las presiones a que se les somete. En la Figura 01, se representa esquemáticamente un extractor de contacto simple. Es preciso tomar medidas para recircular la disolución (disolvente mas soluto extraído). En la línea de alimentación (o carga) y/o en la de recirculación, puede incorporarse un calentador, para mantener a un valor deseado la temperatura de la disolución. Algunas unidades se hallan, a este fin, provistas de camisa. Las unidades o células en cuestión pueden cargarse manualmente, o con ayuda de una cinta transportadora u otro dispositivo mecánico. El residuo sólido, agotado, puede retirarse manualmente o por vertido a través de un orificio de descarga, colocado en el fondo del recipiente. Cuando se utilizan disolventes volátiles, es posible incorporar un recuperador del disolvente y sistemas de reciclaje, lo que permite obtener una disolución relativamente concentrada.

La figura 01 muestra un Sistemas de múltiples contactos con lecho estático: Al objeto de llevar a cabo una extracción contracorriente, se pueden acoplar numerosas unidades en serie. Cada unidad contiene una carga de sólidos por la parte superior y se introduce en ella la disolución

procedente de la unidad adyacente, disolución que penetra a través del sólido, sale vía un drenaje situado debajo del falso fondo y pasa a la próxima unidad de la serie.

Fig. 01: Extractor de contacto simple.



Fuente: Brennan, (1998).

b.- Extractores continuos de lecho móvil

Existen numerosos diseños de extractores de este tipo. La mayor parte operan en contracorriente, pero algunos combinan los principios concurrente y contracorriente de sólidos y disolución. Entre los cuales tenemos: Extractor Bollmann (Hansa-Mihle, extractor de hildebrandt, extractor bonoto y el extractor rotacel), (Brennan, 1998).

2.2 Estrujamiento:

Según Brennan, (1998); indica que las células de muchas frutas, semillas y hortalizas contienen valiosos componentes líquidos. Los cacahuets, los cocos, los granos de soja, las semillas de girasol y las aceitunas, por ejemplo, son ricos en aceites y grasas comestibles, el jugo de numerosas frutas permite fabricar diversas bebidas, fermentadas (vinos). Para extraer estos componentes líquidos, generalmente, es necesario romper las células y con frecuencia, algún pre tratamiento, como la reducción a pulpa del tratamiento térmico.

Aunque el interés se centra en el líquido a extraer, en algunos casos el residuo sólido sirve para la alimentación animal. En la industria tradicional de los aceites de semillas, el objetivo fundamental era la obtención de estos. El interés por las proteínas de estas semillas ha convertido al residuo sólido en un producto valioso, que puede constituir un puente alternativo de proteínas para la alimentación humana. Para evitar la desnaturalización proteínica durante el procesado, puede ser necesario modificar los métodos de extracción. Tradicionalmente, la separación se lleva a cabo por extracción con disolventes (como en la recuperación de grasa de tejidos vegetales o animales) o por estrujamiento mecánico. El estrujamiento mecánico es la operación básica que vamos a considerar en esta sección y consiste en la separación de los líquidos contenidos en productos sólidos, mediante la aplicación de fuerzas de compresión. Es de uso frecuente en la industria alimentaria.

Para maximizar la extracción del producto, el estrujamiento debe ir precedido de trituración. En este proceso en dos etapas, el producto se reduce primero a pulpa y subsiguientemente se separan los componentes líquidos, por estrujamiento, de los residuos sólidos (pulpa agotada). En los procedimientos alternativos de una sola etapa, la rotura de las células y el estrujamiento del producto tienen lugar sin ninguna etapa previa de reducción de tamaño.

2.2.1 EQUIPO PARA EL ESTRUJAMIENTO

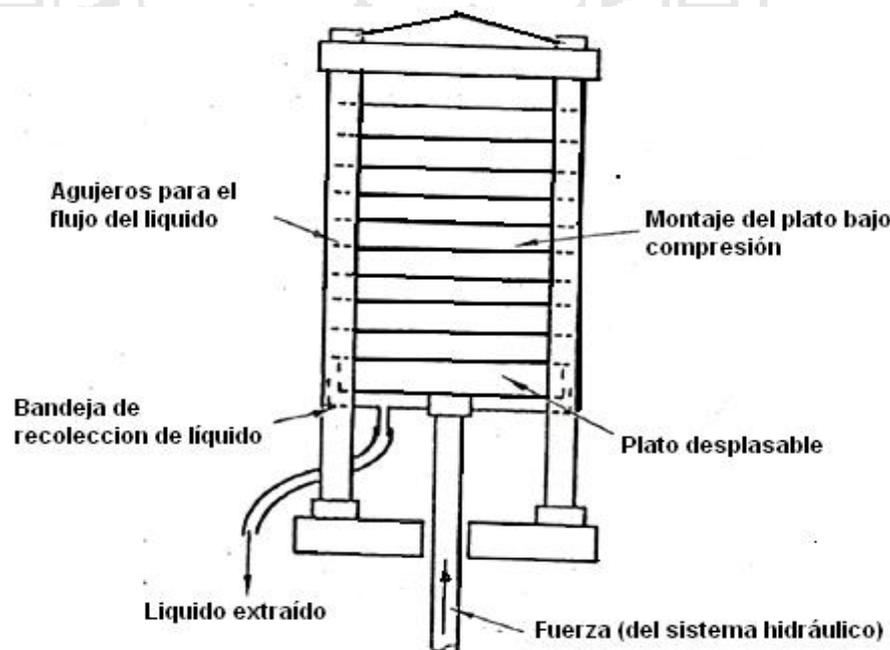
Existen diversos métodos para exprimir el líquido de una matriz sólido líquido. Algunos son esencialmente operaciones discontinuas otros se prestan a procesos continuos. Entre ellos se encuentran:

- Prensado hidráulico

Tres son los tipos de prensas hidráulicas corrientemente utilizadas:

a.- Los prensas de platos. La pulpa a exprimir se coloca en el interior de filtros de saco, de algodón o telas fuertes, que se sitúan entre platos de presión acanalados, montados en pilas verticales y se aplica presión hidráulica ($31- 62 \text{ MN m}^{-2}$) entre los extremos de la pila. Con ello, la pulpa se ve sometida a fuerzas de compresión en capas relativamente delgadas. Si las capas son delgadas, permiten un drenaje relativamente rápido del líquido, entre los intersticios de la torta y a través de las caras de los platos acanalados, hasta un recipiente colector común.

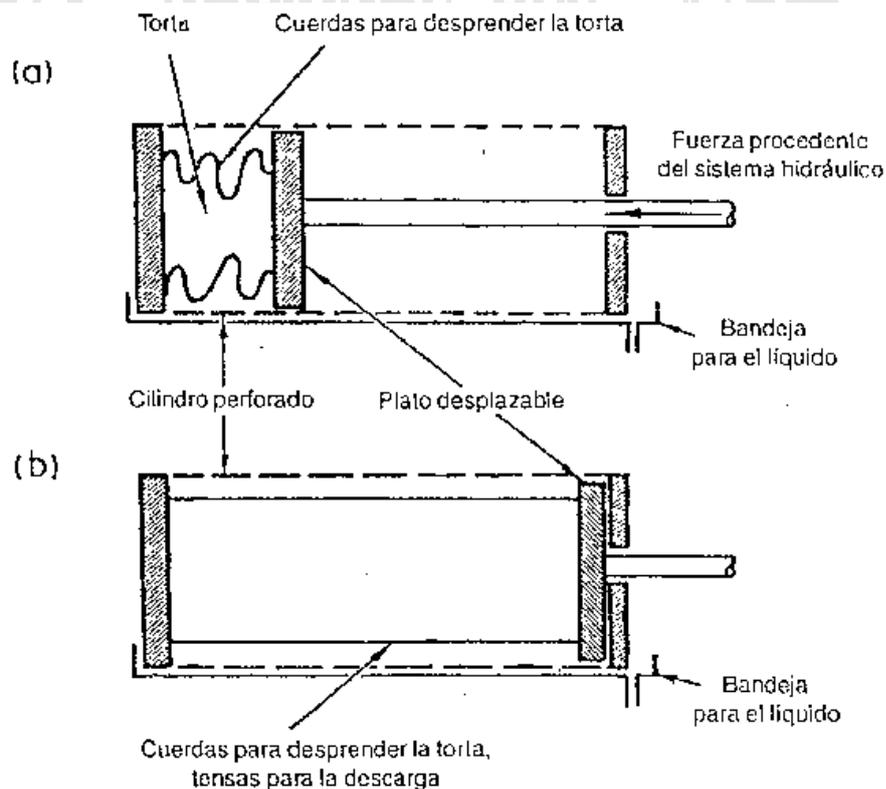
Fig. 02: Prensa de platos



Fuente: Brennan, (1998).

b.- Las prensas de jaula. Están compuestas por un cilindro finamente perforado, provisto de un plato de presión interno, que se puede desplazar hacia adelante y hacia atrás, hidráulicamente. El diseño del sistema permite un control riguroso de la presión ejercida sobre la pulpa cargada en el interior del cilindro. El líquido exprimido al comprimir la torta pasa a través de las perforaciones. Unos hilos de plástico que conectan el plato de presión y el extremo ciego del cilindro actúan de canales de drenaje, mejorando con ello la velocidad de extracción.

Fig. 03: Prensa de jaula



Prensa de jaula. (a) Torta en compresión. (b) Con la presión hidráulica desconectada, para descargar la torta.

Fuente: Brennan, (1998).

c.- Prensas de membrana elástica. Con este tipo de unidades, conocidas también como *prensas tanque*, una membrana elástica fija, que lo recorre longitudinalmente, divide el volumen de un tanque cilíndrico cerrado en dos

mitades que, cuando esta vacío, son aproximadamente iguales. La carga sólido - líquido se introduce, a través de un orificio de alimentación en una de las dos mitades, la zona de prensado.

2.3 REDUCCIÓN MECÁNICA DE TAMAÑO

En la reducción mecánica de tamaño, las partículas sólidas se fragmentan por medios mecánicos en tamaños más pequeños y se separan de acuerdo con sus dimensiones. Con frecuencia, la reducción de tamaño de los sólidos se lleva a cabo para poder separar sus diversos ingredientes. En general, los términos trituración y molienda se usan para denotar la subdivisión de partículas sólidas grandes en mas pequeñas, (Geankoplis, 1998).

Según Díaz, (1994); en muchas operaciones de la industria alimentaria, suele ser necesario desmenuzar los sólidos, mediante la aplicación de fuerzas mecánicas. Las razones que justifican esta reducción de tamaño son diversas.

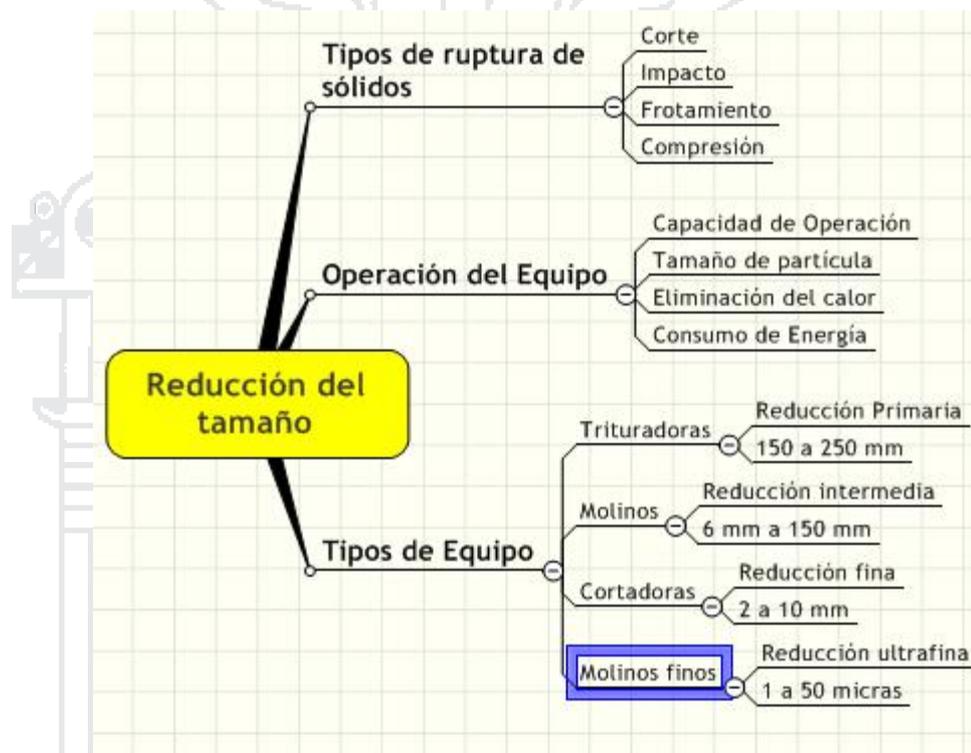
- La reducción de tamaño puede facilitar la extracción de un determinado constituyente deseado, presente en una estructura completa.
- La reducción a un tamaño definido puede constituir una necesidad específica del producto.
- Una disminución del tamaño de partícula de un material aumenta la superficie del sólido, lo que resulta favorable en muchos procesos de velocidad.
- La mezcla íntima suele facilitarse si las partículas son de tamaño más pequeño, lo que constituye una consideración importante en la elaboración de algunos preparados.

2.3.1 EQUIPOS PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO

Los equipos para la reducción de tamaño se pueden clasificar de acuerdo con la forma en que se aplican las fuerzas, de la siguiente manera: entre dos superficies, como en la trituración y el corte; en una superficie

sólida, como en el impacto y por la acción del medio circundante como en los molinos coloidales. Una clasificación mas práctica consiste en dividir los equipos en trituradores, molinos, molinos finos y cortadores, (Geankoplis, 1998).

Fig. 04: REDUCCIÓN DEL TAMAÑO



Fuente: Pierre, (1994).

2.3.2 MOLIENDA

Deutschman, (1996); indica que la molienda es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida. La reducción se lleva a cabo dividiendo o fraccionando la muestra por medios mecánicos hasta el tamaño deseado. Los métodos de reducción más empleados en las máquinas de molienda son compresión, impacto, frotamiento de cizalla y cortado.

- Modos de operación de máquinas de reducción de tamaño

Las máquinas industriales para subdividir sólidos operan de 4 modos posibles:

Cuadro 01: Operación de máquinas de reducción de tamaño

Modo	Análogo	Aplicación
Compresión	Cascanueces	Reducción tosca de sólidos duros. No genera muchos finos
Impacto	Martillo	Da productos gruesos, medios o finos
Frotamiento	Lima	Da productos muy finos a partir de materiales blandos y no abrasivos
Cortado	Tijeras	Da un tamaño de partícula bastante preciso con baja cantidad de finos

Fuente: Deutschman, (1996).

Las principales clases de máquinas para molienda son:

A) Trituradores (Gruesos y Finos).

1. Triturador de Quijadas.
2. Triturador Giratorio.
3. Triturador de Rodillos.

B) Molinos (Intermedios y Finos).

1. Molino de Martillos.
2. Molino de Rodillos de Compresión.
 - Molino de Tazón.
 - Molino de Rodillos.
3. Molinos de Fricción.
4. Molinos Revolvedores.
 - Molinos de Barras.
 - Molinos de Bolas.
 - Molinos de Tubo.

C) Molinos Ultrafinos.

1. Molinos de Martillos con Clasificación Interna.
2. Molinos de Flujo Energético.
3. Molinos Agitadores.

D) Molinos Cortadores y Cortadores de Cuchillas.

2.3.3 MOLINOS DE MARTILLOS

Este tipo de molino de impacto o percusión es corriente en la industria alimentaria.

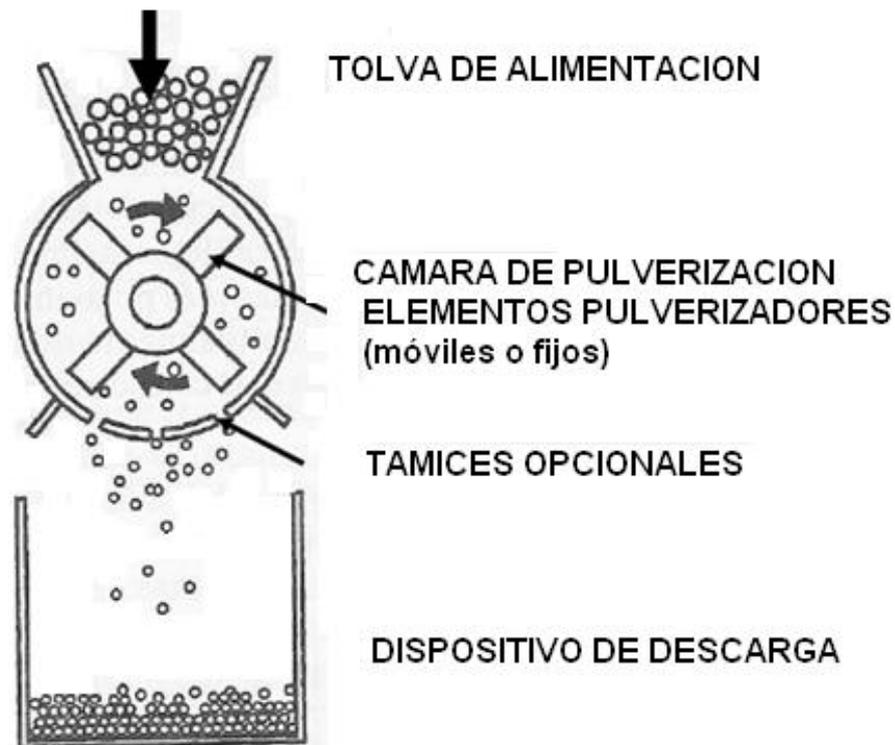
Un eje rotatorio que gira a gran velocidad lleva un collar con varios martillos en su periferia. Al girar el eje, las cabezas de los martillos se mueven, siguiendo una trayectoria circular en el interior de una armadura, que contiene un plato de ruptura endurecido, de dimensiones casi idénticas a la trayectoria de los martillos los productos de partida o corriente de alimentación, pasan ala zona de acción, donde los martillos los empujan hacia el plato de ruptura (Fig 05). La reducción de tamaño se debe principalmente a las fuerzas del impacto. Con frecuencia, los martillos se sustituyen por cortadoras o por barras, como en los molinos de barras. Los molinos de martillo se pueden considerar de uso general ya que son capaces de triturar sólidos cristalinos duros, productos fibrosos, vegetales, productos untuosos etc, (Brennan, 1998).

2.3.4 MOLIENDA EN HÚMEDO

Si el material de alimentación es húmedo o se puede humedecer sin dañarlo, se puede tomar en consideración esta forma de operar. La carga se muele en forma de suspensión, en la corriente líquida frecuentemente de agua que la transporta. Se elimina así el problema creado por el polvo en la molienda seca y se pueden utilizar, para separar las fracciones de tamaño deseadas.

En la industria alimentaria, la molienda forma, con frecuencia, parte de procesos de extracción, en los que se transfiere un constituyente soluble, del producto inicial a la corriente líquida, (Brennan, 1998).

Fig. 05: CARACTERÍSTICAS DE UN MOLINO DE MARTILLO



Fuente: Brennan, (1998).

2.4 REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA Y DE POTENCIA PARA LA REDUCCIÓN DE TAMAÑO

En la reducción de tamaño de los sólidos, los materiales de alimentación se pulverizan a tamaños mas pequeños por medio de una acción mecánica, es decir, los materiales se fracturan. El primer paso del proceso consiste en las partículas de la alimentación se deformen y desarrollen tensiones por acción de la maquinaria de reducción de tamaño. Este trabajo para crear esfuerzos en las partículas, la energía de tensión

excede un nivel y el material se fractura en trozos mas pequeños, (Geankoplis, 1998).

Según, Brennan, (1998); los estudios teóricos sugieren que la energía dE necesaria para producir un pequeño cambio, dx , de tamaño en la unidad de masa del material a triturar se puede expresar como una función exponencial de su tamaño.

$$\frac{dE}{dX} = -\frac{K}{X^n}$$

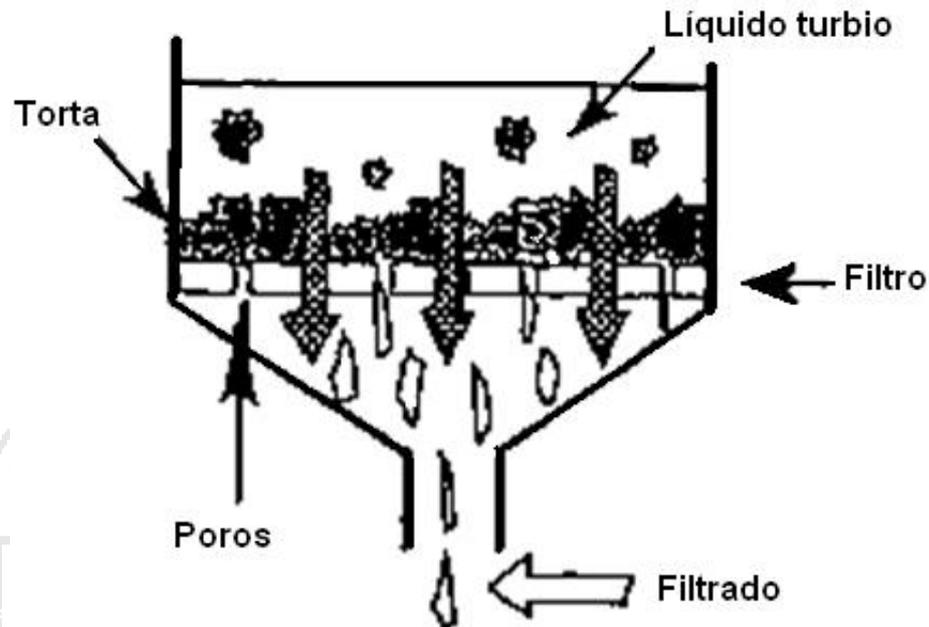
Ecuación
(2.1)

2.5 PROCESOS DE SEPARACIÓN FÍSICO-MECÁNICO

El problema general de la separación de partículas sólidas de líquidos se puede resolver usando gran diversidad de métodos, dependientes del tipo de sólido, de la proporción de sólido a líquido en la mezcla, de la viscosidad de la solución y de otros factores. En la filtración se establece una diferencia de presión que hace que el fluido fluya a través de poros pequeños que impiden el paso de las partículas sólidas las que a su vez, se acumula sobre la tela como torta porosa, (Geankoplis, 1998).

2.5.1 FILTRACIÓN

Es la operación básica en la que el componente sólido insoluble de una suspensión sólido - líquido se separa del componente líquido, haciendo pasar este ultimo a través de una membrana porosa que retiene las partículas sólidas, en su superficie o en el interior de su estructura o en ambos a la vez. A la suspensión del sólido en líquido se le conoce como papilla de alimentación y al líquido que pasa a través de la membrana se le denomina filtrado y a la membrana medio de filtración. Los sólidos separados se conocen como torta de filtración, (Fenemma, 1993).

Fig.06: CARACTERÍSTICAS DE UN FILTRO

Fuente: Geankoplis, (1998).

2.5.2 FILTRACIÓN EN LA SEPARACIÓN SÓLIDO LÍQUIDO

En la filtración, las partículas suspendidas en un fluido ya sea líquido o gas, se separan mecánica o físicamente usando un medio poroso que retiene las partículas en forma de fase separada que permite el paso del filtrado sin sólidos. Las filtraciones comerciales cubren una amplia gama de aplicaciones.

El fluido puede ser un gas o un líquido. Las partículas sólidas suspendidas pueden ser muy finas (del orden de micrómetros) o bastante grandes, muy rígidas o plásticas, esféricas o de forma muy irregular, agregados o partículas individuales.

El producto valioso puede ser el filtrado sin sólidos o la torta sólida. En algunos casos, se requiere una eliminación completa de las partículas sólidas y en otros, basta con una eliminación parcial, (Geankoplis, 1998).

Fig. 07: INCIDENCIA DEL LÍQUIDO TURBIO RESPECTO AL MEDIO FILTRANTE



Diferencias en la dirección del flujo en la filtración tangencial y la convencional.

Fuente: Earle, (1996).

2.5.3 TIPOS DE EQUIPOS DE FILTRACIÓN

2.5.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS

Según Geankoplis, (1995); existen diversos métodos para clasificar los equipos de filtración y no es posible establecer un sistema simple que incluya a todos ellos. En una de las agrupaciones, los filtros se clasifican dependiendo de que la torta de filtrado sea el producto deseado o bien el líquido transparente. En cualquier caso, la suspensión puede tener un porcentaje de sólido relativamente alto, lo que conduce a la formación de una torta o tener muy pocas partículas en suspensión.

Los filtros también se clasifican de acuerdo con su ciclo de operación: por lotes, cuando se extrae la torta después de cierto tiempo o de manera continua, cuando la torta se va extrayendo a medida que se forma. En otra clasificación los filtros pueden ser de gravedad donde el líquido simplemente fluye debido a la presencia de una carga hidrostática, o bien se puede usar presión o vacío para incrementar la velocidad de flujo. Un método de

clasificación muy importante se basa en la colocación mecánica del medio filtrante. La tela filtrante puede estar en serie, en forma de placas planas encerradas, como hojas individuales sumergidas en la suspensión o sobre cilindros giratorios que penetran en la suspensión. Los tipos más importantes de filtración se describen a continuación:

- Lecho de filtración.
- Filtros prensa de placas y marcos.
- Filtros de hojas.
- Filtros rotatorios continuos.

2.6 AGITADORES

Según Earle, (1996); en la ingeniería de operaciones y procesos la agitación es una operación básica para mezclar fluidos. Estos sistemas de fluidos podrían ser monofásicos o polifásicos.

Las distintas funciones de la agitación pueden desempeñarse y se clasifican en cinco operaciones básicas:

- Homogeneización de un fluido.
- Suspensión de un sólido en un líquido.
- Emulsión de dos fluidos insolubles.
- Dispersión de un gas en un líquido.
- Intercambio de calor.

Con frecuencia un mismo equipo de agitación realiza varias de estas operaciones básicas simultáneamente, pero es conveniente instalar mezcladores agitadores que pueden llevar a cabo la agitación en el sentido deseado, con el menor consumo energético posible. Para ello existe en el mercado gran variedad de agitadores, con distintas características y funciones. Los más habituales tienen sus dimensiones estandarizadas de acuerdo con la norma DIN 28131 (Anexo 11) según varios criterios.

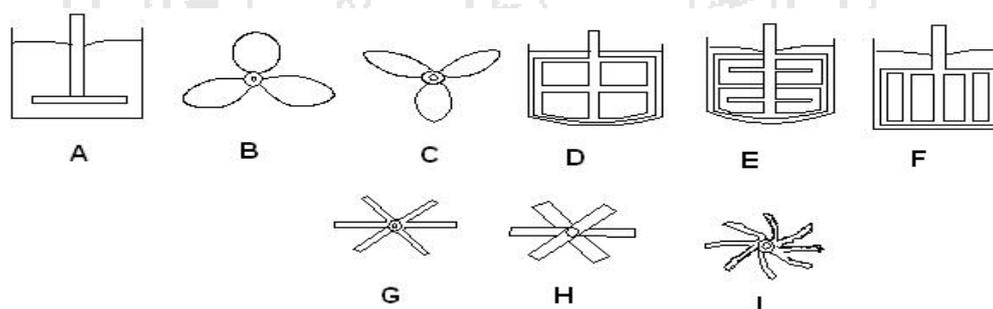
- Mecánica.
- Características de proceso.
- Características de aplicación.

Dentro de los tipos de agitadores tenemos directamente relacionados con los tres modelos de flujo fundamentales:

- Agitadores de flujo axial.
- Agitadores de flujo radial.
- Agitadores de paso cerrado (ancla, helicoidal).

(Earle, 1996).

Fig. 08: ALGUNOS IMPULSORES TÍPICOS



(a) De paleta, (b) propela marina, (c) propela marina dentada, (d) de ancla, (e) de paletas contra rotatorias, (f) de compuerta, (g) turbina recta, (h) turbina inclinada, i) turbina curva.

Fuente: Earle, (1996).

2.7 TRANSMISIÓN DE CALOR EN EL PROCESADO DE ALIMENTOS

2.7.1 CALOR

El calor Q , es la energía intercambiada debida a la diferencia de temperatura entre el sistema y los alrededores. Por convenio, el calor es positivo cuando entra al sistema y negativo cuando se transfiere desde el

sistema hacia el exterior. Si se conoce el calor específico, (C) puede calcularse el calor involucrado en un proceso como:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} c dT$$

Ecuación
(2.2)

Si el recorrido tiene lugar en condiciones de presión constante:

$$Q = \int c_p dT$$

Ecuación
(2.3)

Y en condiciones de volumen constante:

$$Q = \int c_v dT$$

Ecuación

Los valores numéricos de c_p y c_v son parecidos para sólidos y líquidos mientras que son bastante diferentes para gases.

Donde:

Q = es la cantidad de calor que entra o sale de un sistema expresado en kJ/kg.

c = es el calor específico expresado en kJ/kg °C.

dT = es la variación de la temperatura expresado en °C, °K.

(Heldman, 1998).

También el calor es la manifestación de energía capaz de elevar la temperatura de un cuerpo, cambiar su estado, dilatarlo, producir un trabajo, etc. Como estas magnitudes son energía, se miden en (J), sin embargo, a un se emplea una unidad tradicional, la caloría (Cal), (Valenzuela, 1997).

2.7.1.1 CALOR ESPECÍFICO

El calor específico es la cantidad de calor ganada o perdida por una unidad de peso de producto para provocar un determinado incremento de temperatura, sin que tenga lugar un cambio de estado.

$$c_p = \frac{Q}{M(\Delta T)}$$

Ecuación

Donde:

Q = es el calor ganado o perdido (kJ).

M = es la masa (kg).

ΔT = es el incremento de temperatura del material (°C).

c_p = es el calor específico (kJ/kg. °C).

El calor específico de un producto depende de su composición, humedad, temperatura y presión, (Heldman, 1998).

Según Dikerson, (1989); propuso la siguiente expresión para productos de composición conocida.

$$c_p = 1.24m_c + 1.549m_p + 1.675m_f + 0.837m_a + 4.178m_m$$

Ecuación

En la que m es la fracción en peso y los sub índices c, p, f, a y m se refieren, respectivamente a hidratos de carbono, proteína, grasa, cenizas y humedad, las unidades de calor específico son kJ/kg. °C y también kJ/kg. °K, ya que la temperatura es igual en la escala Celsius que en la escala Kelvin.

2.8 MECANISMOS BÁSICOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

La transferencia de calor puede verificarse por medio de uno o mas de los tres mecanismos de transferencia: conducción, convección y radiación, (Geankoplis, 1995).

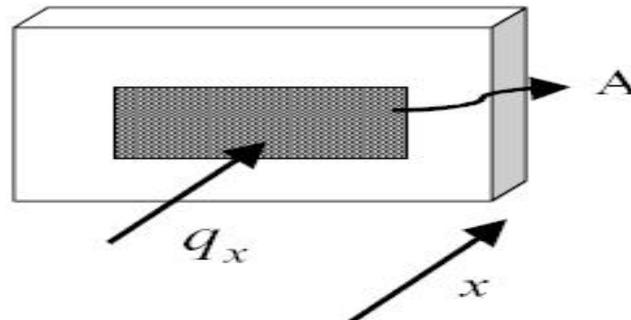
2.8.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN

Por este mecanismo, el calor puede ser conducido a través de sólidos líquidos y gases. La conducción se verifica mediante la transferencia de energía cinética entre moléculas adyacentes. Este tipo de transferencia siempre esta presente en mayor o en menor grado, en sólidos, líquidos y gases en lo que existe una gradiente de temperatura, (Geankoplis, 1998).

Ley de Fourier.

Es la ley física que describe matemáticamente el mecanismo de transferencia de calor por conducción.

Fig. 09: LEY DE FOURIER



Fuente: Geankoplis, (1998).

Con referencia a la figura 09 la ley de Fourier establece:

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad \text{Ecuación (2.7)}$$

Donde:

q_x = flujo de calor por conducción.

A = área transversal (m^2).

dT/dx = gradiente de temperatura k/m .

k = conductividad ($W/m^{\circ}K$).

En la ley de Fourier, la conductividad térmica k , es una propiedad del medio.

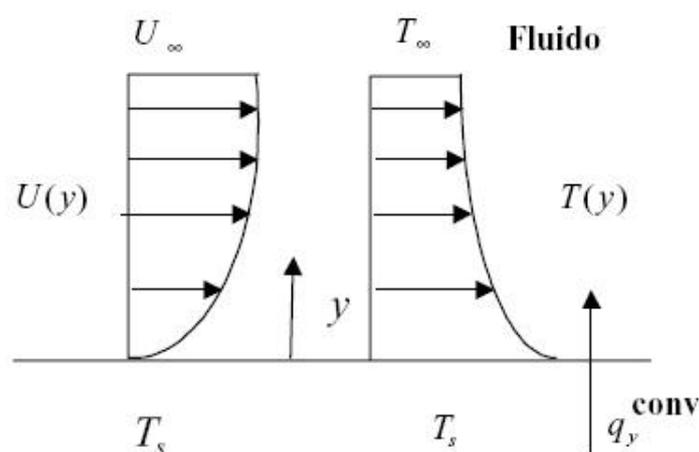
En general, la conductividad térmica k , es una propiedad que depende de la temperatura, (Geankoplis, 1998).

2.8.2 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN

La transferencia de calor por convección consiste en transmitir energía por movimiento de grupos de moléculas, estando restringida a líquidos y gases, ya que en los sólidos no es posible el movimiento molecular de la materia. La transmisión por convección no se puede predecir matemáticamente, habiendo por ello de recurrir a resultados experimentales más que a teoría, (Earle, 1996).

La transferencia de calor por convección implica el transporte de calor en un volumen y la mezcla de elementos macroscópicos de porciones calientes y frías de un gas o un líquido. Además con frecuencia incluye también el intercambio de energía entre una superficie sólida y un fluido. Conviene aclarar que hay una diferencia entre la transferencia de calor por convección forzada en la que se provoca el flujo de un fluido sobre una superficie sólida por medio de una bomba, un ventilador u otro dispositivo mecánico y la convección libre o natural, en la cual un fluido más caliente o más frío que esta en contacto con la superficie sólida causa una circulación debido a la diferencia de densidades que resulta del gradiente de temperaturas en el fluido, (Geankoplis, 1995).

Fig. 10: ECUACIÓN DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON



Fuente: Geankoplis, (1995).

Las condiciones de corriente libre se suceden en donde los valores de U (y) y T (y) se hacen independientes de y .

$$q^{conv} = hA(T_s - T_\infty) \quad \text{Ecuación (2.8)}$$

Donde:

q^{conv} = flujo de calor por convección [W].

h = coeficiente de transferencia de calor por convección [$W/m^2\text{°K}$].

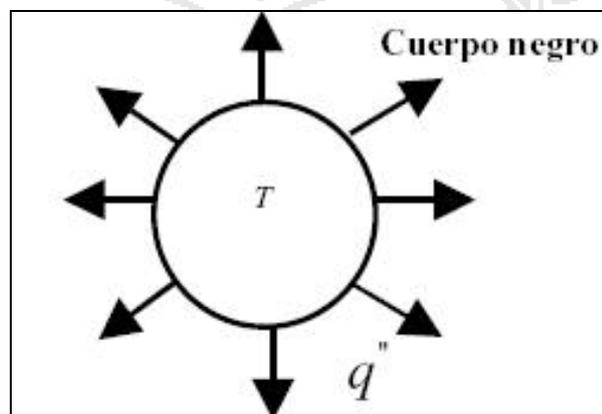
A = área de contacto entre el fluido y la pared [m^2].

En la ecuación de Newton, h no es una propiedad termo física ya que depende de una gran variedad de factores tanto geométricos como fluido dinámicos, (Geankoplis, 1995).

2.8.3 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

La radiación difiere de la conducción y la convección en cuanto a que no se quiere un medio físico para la transferencia. La radiación es la transferencia de energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas, de manera similar a las ondas electromagnéticas que propagan y transfieren la luz. La transferencia radiante de calor se rige por las mismas leyes que dictan el comportamiento de la transferencia de luz, (Geankoplis, 1995).

Fig. 11: LEY DE STEFAN - BOLTZMANN



Fuente: Heldman, (1998).

La ley de Stefan - Boltzmann, establece que si un cuerpo se encuentra a una determinada temperatura, este ejemplo de calor que viene cuantificado por:

$$q^{rad} = \sigma AT^4$$

Ecuación

q^{rad} = flujo de calor por radiación [W]

T = temperatura absoluta [°K]

= constante de Stefan- Boltzmann, $s = 5,67 \times 10^{-8} [W/m^2 \text{ } ^\circ K^4]$.

La ley de Stefan-Boltzmann, aplica a los denominados cuerpos negros, que son aquellos cuerpos que emiten la mayor cantidad de calor posible.

2.9 CALENTAMIENTO INDIRECTO DE LOS ALIMENTOS POR MEDIOS DE LÍQUIDOS

En muchos procesos de transmisión de calor, se utilizan en los líquidos, como el agua, el aceite mineral, los hidrocarburos clorados y las sales fundidas. Todos estos líquidos, excepto el agua, tienen la ventaja de poseer una presión de vapor baja, por lo que se utilizan para tratamientos a temperaturas elevadas teniendo en cuenta que hay que evitar fugas para no contaminar los alimentos, (Brennan, 1998).

2.10 PASTEURIZACIÓN

El término pasteurización se usa actualmente para referirse a un tratamiento de calor suave de los alimentos menos drásticos que la esterilización. Se emplea para matar organismos que presentan relativamente menores resistencias térmicas comparadas con aquellos para los cuales se utilizan los procesos de esterilización más drásticos. Por lo general la pasteurización se emplea para destruir microorganismos vegetativos y no esporas resistentes al calor, (Geankoplis, 1998).

2.11 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

La conductividad térmica de un producto es una medida de la velocidad con la que el calor se transmite a través de un espesor unidad de ese material cuando existe un gradiente de temperatura unidad entre sus extremos $k = \text{J/s.m.}^\circ\text{C} = \text{W/m.}^\circ\text{C}$. La conductividad térmica es muy variable, incluso entre los materiales más habituales. La mayoría de los alimentos con alto contenido en humedad tiene una conductividad térmica cercana a la del agua, (Heldman, 1998).

Según Valiente, (1992); desarrollo la siguiente ecuación empírica mediante ajuste de unos 430 datos experimentales obtenidos con diversos alimentos sólidos y líquidos.

$$k = 0.25 m_c + 0.155 m_p + 0.16 m_f + 0.135 m_a + 0.58 m_m \quad \text{Ecuación}$$

Donde m es la fracción en peso y los sub índices c , p , f , a y m se refieren, respectivamente a hidratos de carbono, proteína, grasa, cenizas y humedad, las unidades de la conductividad térmica son: $\text{W/m.}^\circ\text{C}$, $\text{W/m.}^\circ\text{K}$ y $\text{J/s.m.}^\circ\text{K}$.

2.11.1 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UN LÍQUIDO

El mecanismo físico de conducción de energía en los líquidos es bastante similar al de los gases, ya que las moléculas de energía más altas chocan con las de energía menor. Sin embargo, las moléculas ejercen un efecto considerable sobre el intercambio de energía. Puesto que no existe una teoría molecular adecuada para los líquidos, la mayoría de las correlaciones para predecir sus conductividades son de tipo empírico. Reid y Sherwood han estudiado esto en forma detallada. La conductividad térmica de los líquidos varía de manera moderada con la temperatura, variación que casi siempre puede expresarse con una función lineal.

$$K = a + bT$$

Ecuación

Donde a y b son constantes empíricas. Las conductividades térmicas de los líquidos son esencialmente independientes de la presión, (Geankoplis, 1998).

2.12 PROCESADO TÉRMICO

En la industria de los alimentos, el término procesado térmico se utiliza para describir aquel proceso de calentamiento, mantenimiento a temperatura constante y posterior enfriamiento que se necesita para eliminar el riesgo de una posible enfermedad provocada por la ingestión de alimentos. La pasterización es un proceso térmico diseñado para un microorganismo patógeno específico pero que no es útil para productos perdurables (almacenables a temperatura ambiente) sin refrigeración, (Heldman, 1998).

En los procesos en que se recurre al tratamiento térmico para la conservación de los alimentos, el calentamiento reduce la carga microbiana. También puede inactivar las enzimas presentes o destruir sus sustratos, como los peróxidos. El procesado térmico es solo una parte del proceso global, que puede incluir también, por ejemplo, la adición de conservantes químicos. El envasado adecuado del producto o el almacenamiento a temperatura reducida. No es requisito imprescindible que el calentamiento elimine todos los microorganismos viables, (Brennan, 1998).

2.12.1 EFECTO DEL PROCESAMIENTO TÉRMICO SOBRE LOS CONSTITUYENTES DE LOS ALIMENTOS

El procesamiento térmico se usa para provocar la muerte de varios microorganismos patógenos, pero también ocasiona efectos indeseables, como la reducción de ciertos valores nutricionales. El ácido ascórbico (vitamina C) y la tiamina y riboflavina (vitamina B₁ y B₂) se destruyen parcialmente en el procesamiento térmico, (Geankoplis, 1998).

2.13 ACEROS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE EQUIPOS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

2.13.1 ACEROS INOXIDABLES

Mott, (1992); indica que el *acero inoxidable* caracteriza el alto nivel de resistencia a la corrosión que ofrecen las aleaciones en este grupo. Para ser clasificada como acero inoxidable, la aleación debe tener al menos 10 % de contenido de cromo. En su mayor parte tiene entre 12 y 18 % de cromo.

La AISI designa a casi todos los aceros inoxidables por sus series 200, 300 y 400. Los tres grupos principales de acero inoxidables son el austenítico, el ferroso y el martensítico.

2.13.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES

a).- ACEROS AUSTENITICOS.- Caen dentro de las series AISI 200 y 300. Son grados de uso general cuya resistencia es moderada. En su mayor parte no son susceptibles de tratamiento térmico y sus propiedades finales se determinan por el grado en que se trabajan, el temple resultante se indica como $\frac{1}{4}$ de dureza, $\frac{1}{2}$ de dureza, $\frac{3}{4}$ de dureza y totalmente duro. Estas aleaciones son a magnéticas y por lo general se emplean en equipo para procesar alimentos, (Mott, 1992).

b).- ACEROS INOXIDABLES FERROSOS.- Pertenecen a la serie AISI 400. Se designan como 405, 409, 430, 446 y demás. Son magnéticos y sus rendimientos son buenos a temperaturas elevadas, de entre 1300 °F y 1900 °F (700 °C a 104 °C), dependiendo de la aleación. No son susceptibles al tratamiento térmico pero se pueden trabajar en frío para mejorar sus propiedades. Entre sus aplicaciones típicas se incluye tubería para intercambio de calor, equipo para refinar petróleo, acabados automotrices, partes para hornos y equipo químico, (Mott, 1992).

c).- ACEROS INOXIDABLES MARTENSITICOS.- Integran también la serie AISI 400, incluso los tipos 403, 410, 414, 416, 420, 431 y 440. Son magnéticos, susceptible de tratamiento térmico y tienen mayor resistencia que los de la serie 200 y 300, aunque conservan una fortaleza satisfactoria. Entre sus usos típicos se incluyen partes para motores a turbina, cuchillería, tijeras, partes para bombas, piezas para válvulas, instrumentos quirúrgicos, acabados para aviones y equipo marino, (Mott, 1992).

TABLA 01: PROPIEDADES DE LOS ACEROS INOXIDABLES

ESPECIFICACIONES PARA EL MOLDEO EN ACERO			COMPOSICIÓN QUÍMICA NOMINAL						PROPIEDADES MECÁNICAS MÍNIMAS		TRATAMIENTO TÉRMICO
AISI	ASTM	OTRAS DESIGNACIONES SIMILARES	C max.	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	LIMITE RUPTURA PSI	LIMITE ELÁSTICO PSI	
	A744	SAE 60304L	0.03	0.8	1.3	11	9	-	70	30	Temple en Solución
304L	A351	AMS 5371									
	CF3										
	A744										
316L	A351	SAE 60316L	0.03	0.8	1.3	11	10	2.4	70	30	Temple en Solución
	CF3M										
	A744	MIL-S-867A Clase									
304	A351	MIL-S-17509 Clase	0.08	0.8	1.3	20	9	-	70	30	Temple en Solución

Fuente: Mott, (1992).

2.13.3 SELECCIÓN DE MATERIALES

Son cinco los factores importantes que se deben de tener presentes constantemente al elegir un metal.

- La presión de trabajo.
- La temperatura a la que se trabaja.
- El tamaño del recipiente.
- La naturaleza del proceso,
- Las condiciones de los esfuerzos que se encuentran y en especial si son estáticos o dinámicos, (Chapman, 1997).

2.14 CÓDIGO ASME

Llamado también como el código de la ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Es una sociedad subsidiada por el Gobierno Norteamericano donde se realizan una serie de ensayos o pruebas con todo lo relacionado a la Ingeniería Mecánica y obteniéndose como resultados conclusiones importantes para la Ingeniería Mecánica. ASME ha emitido el documento denominado ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE, que es el código que regula el diseño y construcción de recipientes a presión, que ha sido recopilado por, (Rase & Barrow, 1984).

2.15 DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN

Las reglas para el diseño y fabricación de recipientes a presión a prueba de fuego, han sido especificadas por los dos mejores códigos utilizados por las industrias de procesos. Estos códigos son el de la ASME y el API - ASME para recipientes a presión a prueba de fuego. Estos están basados en criterio de expertos. Todos los recipientes de proceso deben construirse de acuerdo a las reglas de unos de estos códigos, (Rase & Barrow, 1984).

2.16 RECIPIENTES DE PARED DELGADA

El código de la ASME define un recipiente de pared delgada cuando el espesor del mismo es menor que la mitad del valor del radio interior. Tales recipientes constituyen la mayoría de los recipientes usados en plantas de proceso, aunque para procesos como el de reactores sintéticos de amoníaco donde se requiere de presiones muy altas (10 000 a 12 000 lb/plg²) los recipientes deben ser de paredes gruesas; en este caso no puede aplicarse la teoría referente a recipientes de pared delgada. En los recipientes de pared delgada los esfuerzos se suponen constantes a través del espesor de la pared la presión que actúa dentro del cilindro produce esfuerzos longitudinal y circunferencial o tangencial. Estos esfuerzos se calculan a partir de las fuerzas que actúan en el recipiente, (Rase & Barrow, 1984).

2.17 Tecnología artesanal

Son tecnologías ancladas en la sociedad en la que los individuos ejercen su oficio. Se trata de tecnologías fundadas en un conocimiento empírico secular. El producto de esta tecnología responde directamente, en cantidad y calidad a las necesidades de los usuarios. La tecnología artesanal es global, en efecto el trabajo del individuo se extiende a todas las faces del proceso de fabricación de un objeto en lugar de limitarse a la ejecución de una tarea particular en la cadena de la producción, (García Villas, 1990).

2.18 QUINUA

2. 18.1 DEFINICIÓN

La quinua es un cultivo originario de la región andina de América del Sur, se cultiva principalmente en el Altiplano, donde existe un ecosistema especial que permite lograr la mejor cosecha tanto en cantidad como en calidad. Este ecosistema está situado entre 3500 y 4500 m.s.n.m. con suelos alcalinos, escasa precipitación pluvial, temperaturas bajas y gran luminosidad, (CIRMA, 1998).

La quinua tiene como nombre científico (**Chenopodium quinoa Willd**), es una planta de la familia de las chenopodeaceas, pseudo cereal, que produce una semilla comestible pequeña, de 2.63 mm de diámetro, grano redondo semi aplanado de color blanco amarillento. Es una planta anual crece y madura en un periodo de 6 a 7 meses (Octubre - Abril), (Gómez, 1997).

El grano debe ser procesado antes de ser consumido, pues contiene saponina (compuestos glucósidos) en el epicarpio (cáscara) del grano que le dan un sabor amargo y es preciso extraerla, (Beltrán , 1984).

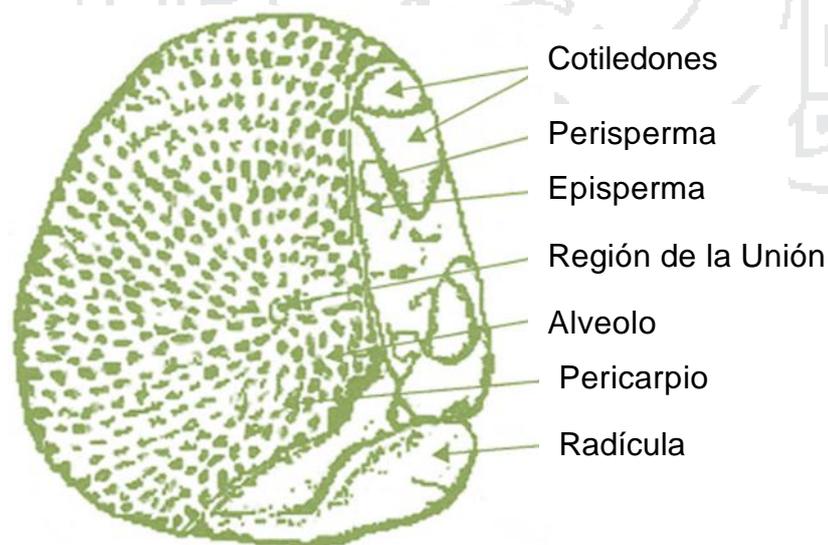
2. 18.2 Características del grano de quinua

El fruto de la quinua es un aquenio; el perigonio cubre una cola semilla y se desprende con facilidad al frotarlo, (Tapia, 1990).

Sin embargo, el pericarpio del fruto esta adherido a la semilla, presentando alveolos y en algunas variedades se puede separar fácilmente. En el pericarpio se encuentra la saponina, compuesto que le transfiere sabor amargo a la quinua, (Torres & Minaya, 1980).

Las principales partes del fruto son: la cubierta externa (perianto y capas de células), el episperma y el embrión, cuando la quinua es cosechada, el fruto cae de la planta encerrado en el perianto. Las células débiles adheridas al perianto son fácilmente removidas por lavado y restregado en agua hasta exponer la superficie suave de color amarillo pálido del pericarpio. El pericarpio consiste de una capa compacta y densa de células de alrededor de 10 μm de espesor, debajo del pericarpio existen dos capas que cubren la semilla. Una de las capas tiene alrededor de 20 μm de espesor y contiene gránulos poligonales de almidón y cuerpos de electrones densos, la segunda cubierta de la semilla esta ligada al perisperma, tiene 3 μm de espesor que puede ser la cutícula, (Varriano & de Francisco, 1984).

Fig. 12: Esquema del grano de quinua



Fuente: Varriano & de Francisco, (1984).

2. 18.3 VALOR NUTRITIVO

Según Els, k, (1995); indica desde el punto de vista nutricional y alimentario la quinua es la fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales.

La quinua posee cualidades superiores a los cereales y gramíneas. Se caracteriza más que por la cantidad, por la calidad de sus proteínas dada por los aminoácidos esenciales que constituye como: la *ISOLEUCINA*, *LEUCINA*, *LISINA*, *METIONINA*, *FENILALAMINA*, *TREONINA*, *TRIFTOFANO* y *VALINA*. Es una de las principales fuentes de proteínas como se puede apreciar en las tablas comparativas.

La quinua posee mayor contenido de minerales que los cereales y gramíneas, tales como FÓSFORO, POTASIO, MAGNESIO y CALCIO entre otros minerales.

TABLA 02: Tabla comparativa de los componentes de la quinua con otros alimentos (kg)

Componentes%	Quinua	Carne	Huevo	Leche vacuno	Leche humana
Proteínas	13	30	14	3.5	1.8
Grasas	6.1	50	3.2	3.5	3.5
Hidratos de carbono	71	-	-	-	-
Azúcar	-	-	-	4.7	7.5
Hierro	5.2	2.2	3.2	2.5	-
Calorías 100 gr.	370	431	200	66	80

Fuente: Gómez, (1997).

Gonzales, (1997); menciona el valor calórico es mayor que otras cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 350 Cal/100 gr, que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías.

La composición de aminoácidos esenciales, le confiere un valor biológico comparable solo con la leche, el huevo y la menestra, constituyéndose por lo tanto en uno de los principales alimentos de nuestra Región.

TABLA 03: Tabla comparativa de los componentes de la quinua con otros alimentos (kg)

Componentes%	Quinua	Trigo	Maíz	Arroz	Avena
Proteínas	13	11.43	12.28	10.25	12.3
Grasas	6.7	2.08	4.3	0.16	5.6
Fibras	3.45	3.65	1.68	*	8.7
Cenizas	3.06	1.46	1.49	0.6	2.6
Calcio	0.12	0.05	0.01	-	-
Fósforo	0.36	0.42	0.3	0.1	-
Hidratos de Carbono	71	71	70	78	60

Fuente: Gómez, (1997).

La quinua como proteína vegetal ayuda al desarrollo y crecimiento del organismo, conserva el calor del organismo, conserva el calor y energía del cuerpo, es fácil de digerir, forma una dieta completa y balanceada, (Carrasco, 1998).

2.19 LECHE VEGETAL

2.19.1 DEFINICIÓN

Se les denomina a las bebidas vegetales que reemplazan a la leche de vaca. Es un alimento natural elaborado a partir de frutos secos, algún cereal o una legumbre, (Lescano, 1994).

Sustituyen perfectamente a la leche de vaca y sus ventajas son que las leches vegetales no contienen lactosa, ni grasa (colesterol), ni proteína animal. Además son muy digestivas, las personas con estreñimiento, diarrea, colon irritable y alergias se benefician tomándolas, (Denavi, 1998). Su uso son los mismos que la leche de vaca, se pueden tomar solas o endulzadas, con café, cereales, otros. Se pueden calentar y hacer recetas de todo tipo, (Badui, 1993).

TABLA 04: ANÁLISIS COMPARATIVO DE CUATRO TIPOS DE LECHE VEGETAL

Tipos de leche	De soya	De avena	De almendras	De vaca entera
Contenido				
Calorías	45	40	310	66
Proteínas	3.6 g	1 g	4.8 g	4.1 g
Grasas	2.1 g	1.5 g	4 g	3.7 g
Hidratos de carbono	2.9 g	6 g	61.3 g	4 g
Fibra	1.2 g	0.05 g	0.8 g	....
Calcio	120 g	45 mg	65 mg	126 mg
Hierro	0.3 mg	....	....	....

Fuente: Badui, (1993).

a.- LECHE VEGETAL DE SOYA

Denavi, (1998); indica que este líquido es extraído de los porotos de soya que han sido remojados, prensados y colados, el líquido que fluye es la leche de soya. Sin fortificar la leche de soya es una excelente fuente de hierro, proteínas y vitamina B, también podemos hallarla con calcio agregado. Encontraremos la leche con diferentes variedades y sabores (chocolate, vainilla, almendras y algarrobo) o con gusto natural. La leche de soya no contiene lactosa, brindando una buena alternativa para la gente que

tiene intolerancia a la lactosa y puede ser usada en cualquiera de las formas que usamos la leche de vaca.

La leche de soya se ve afectada por la calidad y características de la semilla, los constituyentes de la soya y su procesamiento. La soya intacta con un alto contenido de proteína tiene una semilla con excelentes características. Es muy importante controlar las lipoxigenasas y los inhibidores de la tripsina para mejorar el sabor, así como la digestibilidad de la proteína. Los factores de flatulencia, rafinosa y estaquiosa, así como la astringencia deben disminuirse durante el procesamiento. La calidad de la leche de soya varía de un método de procesamiento a otro.

b.- LECHE VEGETAL DE QUINUA

Según Mujica, (2006); es la proteína de alta calidad nutritiva que se obtiene luego del cocimiento de la quinua el cual se lleva a 86 °C, una vez cocida se procede a separar la parte sólida del líquido y enfriar el grano, una vez enfriado el grano cocido se pesa una cantidad determinada y se añade el doble del líquido en la que se produjo el cocimiento, el cual tiene diferentes colores desde blanco, blanco claro hasta amarillento de dependiendo de la variedad de quinua utilizada.

Para la obtención de la leche de quinua se coloca un kilo de quinua cocida en una licuadora, luego se agrega dos litros de agua en la que se produjo la cocción del grano, el cual tiene diferentes coloraciones, debiendo utilizar aquel genotipo que presente coloración blanca, esto ocurre con el genotipo denominado Chullpi, luego se procede a licuar en la velocidad 7, durante 5 minutos, teniendo la precaución de que el grano no salte demasiado y quede en la parte superior del vaso de la licuadora, sin ser debidamente triturado, una vez licuado perfectamente, se procede a separar mediante filtros de sedazo u otro más adecuado los sólidos de la parte líquida, esta parte líquida es la leche de quinua, la cual esta lista para ser utilizada inmediatamente o seguir un proceso de homogenización, pasteurización y otros que sean necesarios como preservantes para su uso posterior y en forma industrial; como conclusiones se indica que:

- Es posible obtener leche de alto valor nutritivo a partir del grano de quinua cocido, con las características organolépticas y de coloración necesarias.
- Los genotipos de quinua para la obtención de leche de quinua deben ser cristalinos y no amiláceos.
- Las características y coloración dependen del genotipo, dada la amplia variabilidad genética presente en la quinua.

2.19.2 CLASIFICACIÓN DE LA LECHE DE QUINUA

La leche de quinua se puede dividir en dos grandes clases: sencilla y con sabor.

La leche de quinua sencilla, contiene solamente quinua y agua; mientras que la leche de quinua con sabor es la leche sencilla a la cual se mezcla con azúcar y saborizantes a fin de adaptarse al gusto.

La leche de quinua puede también ser usada para producir una segunda generación de alimentos de quinua tales como: helado de quinua, yogurt de quinua, pudding de quinua y otras formulas alimenticias infantiles basadas en leche de quinua y otros productos similares a los derivados de la leche, (Mujica, 2006).

2.19.3 BENEFICIOS DE LA LECHE DE QUINUA

La nutrición moderna, va confirmando con su minuciosa descripción química las razones por las que los indígenas americanos, intuitivamente, eligieron la quinua y otros cultivos andinos como preciosas semillas para incluir en su alimentación.

Entre un 14 y 18 % de su composición está formada por proteínas, predominando tres aminoácidos importantes para la asimilación de otras pequeñas sustancias fundamentales en el crecimiento.

Todo parece indicar que la ausencia de osteoporosis tiene relación con la dieta del altiplano que es rica en granos que contienen fitoestrógenos que son sustancias que permiten la absorción de calcio y esto hace que las

mujeres de esta región no sufran osteoporosis ni problemas propios de la menopausia, (Mujica, 2006).

2.19.4 PROCESO ARTESANAL DE ELABORACIÓN DE LA LECHE DE QUINUA.

A.- La quinua como materia prima.

Para la producción de la leche de quinua se han llevado a cabo numerosos trabajos de investigación con la participación de diversos especialistas, por medio de los cuales se han llegado a utilizar quinuas de distintas variedades cuyo material genético provino de los Bancos de Germoplasma de la UNA PUNO e INIA, los cuales fueron seleccionados previamente por los especialistas de acuerdo a los resultados de las investigaciones previas.

Por esta razón, en función de la variedad, se pueden presentar variaciones en la calidad de la leche de quinua.

La quinua por tener un uso potencial para su transformación; permitirá mejorar el aprovechamiento de sus cualidades nutritivas excepcionales potenciando así su valor nutritivo.

Cuando la leche de quinua se elabora adecuadamente es una bebida que se parece mucho a la leche de vaca en sus propiedades altamente nutritivas, es rica, cremosa y se obtiene a partir de granos de quinua.

B.- Recepción

La quinua desde la siembra está sujeta a múltiples manipulaciones y en algunos casos utilización de sustancias contaminantes que generalmente inciden en el aspecto higiénico y ecológico puesto que su expendio por lo general está en manos de personas no capacitadas y carentes de los más mínimos conocimientos higiénicos, incapaces de darse cuenta que de sus actividades depende la vida y la salud de los consumidores.

Es por ello que se debe prestar especial atención al proceso de obtención de la materia prima, debiendo provenir de productores que garanticen la limpieza y calidad desde la producción en el campo de cultivo, sin permitir la

adición de ninguna sustancia que implique riesgos de contaminación del producto.

C.- Clasificación

La planta por razones biológicas no produce granos homogéneos que sería lo ideal, sino que produce granos grandes, medianos y pequeños, así como también se tiene la presencia de granos inmaduros ó partidos, es por esta razón que la actividad de selección del grano va a permitir una mejor utilización durante el procesamiento.

D.- Desaponificación

Genéticamente la quinua, se caracteriza por la presencia de saponinas, que son sustancias que reducen la aceptabilidad del grano para el consumo humano directo, por esta razón se debe efectuar la desaponificación para quitar la saponina presente en el grano.

La desaponificación se puede realizar por diferentes métodos dependiendo del contenido de saponina de la materia prima. Dentro de los cuales podemos mencionar la desaponificación tradicional, mecánica por escarificación, mecánica por lavado y por el método combinado.

En el caso de la desaponificación mecánica por lavado la eliminación de saponina de los granos de quinua se realiza por vía húmeda, esto consiste en someter el grano de quinua a un proceso de remojo y turbulencia de 1200 RPM, en agua recirculante; donde la saponina se elimina en el agua.

E.- Secado

Consiste en reducir la humedad del grano a un 12 – 15 %; esto se consigue exponiendo a los rayos solares el grano desaponificado, extendiendo en mantas durante todo el día, debiendo remover y voltear el grano varias veces, para que pierda humedad, también se puede utilizar el secado mediante corrientes de aire caliente, de tal forma que en pocas horas el grano pierda humedad.

F.- Cocción

Una vez preparada la quinua se lleva a cocción en una olla de presión durante 30 minutos, utilizando cinco litros de agua para 1 kilogramo de quinua. La ebullición del agua y cocimiento de la quinua se efectúa aproximadamente a 86 °C; una vez cocida se procede a separar la parte sólida del líquido por decantación para luego proceder a enfriar el grano a temperatura ambiente.

El color de la leche de quinua varía en gran medida de blanquecino a amarillo. Esto se ve afectado principalmente por la naturaleza de la materia prima y el método de procesamiento utilizado para preparar la leche de quinua.

Es conveniente aclarar que de un kilo de quinua lavada sin cocer se obtiene después de la cocción un peso húmedo de dos kilos y medio a tres kilos y medio dependiendo de la variedad, esto demuestra que existen variedades que esponjan mejor que otras y por lo tanto absorben mayor humedad durante la cocción, por ello es conveniente seleccionar el genotipo adecuado para cada forma de uso.

G.- Triturado

Para la obtención de la leche de quinua se coloca un kilo de quinua cocida en una licuadora, luego se agregan dos litros de agua en la que se produjo la cocción del grano, el cual tiene diferentes coloraciones, debiendo utilizar aquel genotipo que presente coloración blanca, esto ocurre con el genotipo denominado Chullpi.

Luego se procede a licuar a alta velocidad, durante 5 minutos, teniendo la precaución de que el grano no salte demasiado y quede en la parte superior del vaso de la licuadora, procurando limpiar las paredes para que los granos regresen a la mezcla para que sean debidamente triturados.

H.- Primer filtrado

Después del triturado de la quinua se procede a separar la parte sólida de la líquida; pasando por un primer filtro, con la ayuda de un tamiz, con la

finalidad de obtener el líquido que viene a constituir la leche de quinua, pudiendo iniciar otro proceso con la parte sólida restante.

I.- Segundo filtrado.

Para mejorar la calidad de la leche de quinua en cuanto se refiere a su sabor y palatabilidad es recomendable efectuar un segundo filtrado con un sedazo y si fuese necesario un tercer filtrado, con la finalidad de obtener leche de quinua de alta calidad.

J.- Homogeneización y Pasteurización

Consiste en la formación de una emulsión homogénea de dos líquidos inmiscibles, lo cual hará más cremosa la leche de quinua y más uniforme su consistencia por medio del rompimiento de glóbulos de grasa.

La leche de quinua se puede descomponer con facilidad, debido a la presencia de microorganismos, es por ello que se realiza la pasteurización a 75 °C por 15 segundos con el objetivo de reducir la carga microbiana.

K.- Envasado

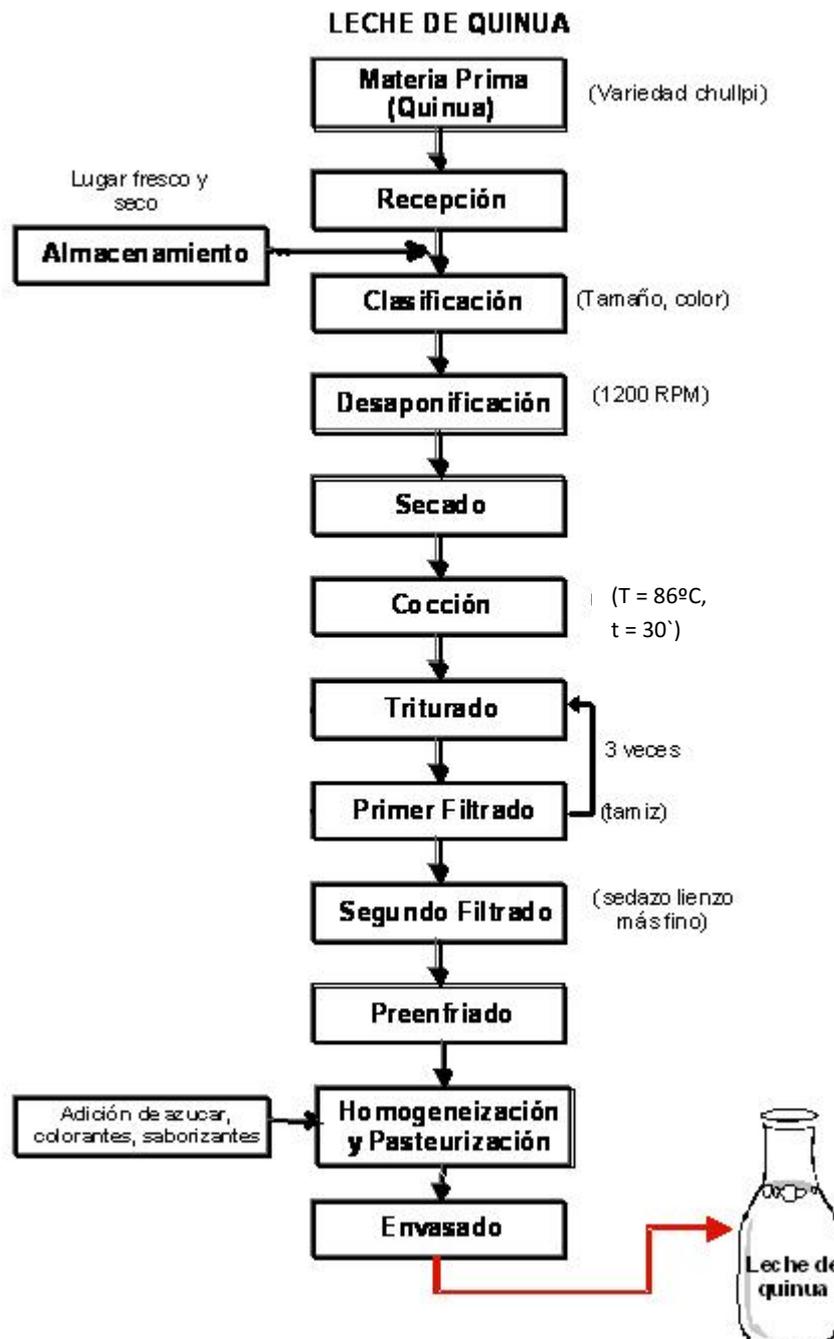
El envasado es una etapa muy importante en la elaboración de la leche de quinua. El envasado es una forma de asegurar la distribución del producto hasta el consumidor final en condiciones adecuadas.

En general los materiales de envasado en contacto directo con los alimentos deben ser atóxicos y químicamente inertes, es decir no reaccionar con el producto que contiene; por estas razones los plásticos son ampliamente utilizados en la industria Láctea; así como también las botellas de vidrio, los envases deben ser lavados, desinfectados y enjuagados con agua caliente, previo al envasado.

L.- Almacenamiento

Una vez envasado la leche de quinua, se debe almacenar a temperaturas de refrigeración (5 °C – 8 °C), para evitar de esta manera la proliferación de microorganismos y por lo tanto prolongar su período de consumo.

Fig. 13: DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DE LECHE DE QUINUA (PROCESO ARTESANAL)



FUENTE: Mujica, (2006).

CAPITULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.

El trabajo de investigación denominado “Construcción de un extractor de Sucedáneo de leche y su evaluación en quinua (*chenopodium quinoa willd*) frente a una tecnología artesanal” fue construido y evaluado en la Ciudad de Puno, con participación de los ejecutores del proyecto, ejecutándose desde el mes de marzo del 2009 hasta el mes de setiembre del 2009, en la planta piloto de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-Puno, ubicada a 3850 msnm.

3.2 MATERIALES.

3.2.1 Materiales empleados en la construcción de extractor de Sucedáneo de leche

Cuadro 02: MATERIALES REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EXTRACTOR

MATERIALES Y ACCESORIOS	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CARACTERISTICAS
01 OLLA ENCHAQUETADA			
1.01 Plancha de acero	1	m2	(1.1 x 0.4), Espesor de 1/8",rolado, acero inoxidable amagnético, tipo austenico
1.02 Plancha de acero	1	Unidad	(Ø.0.48), Espesor de 1/8", acero inoxidable amagnético, tipo austenico
1.03 Plancha de acero	1	m2	(1 x 0.4), Espesor de 2 mm, rolado,acero inoxidable amagnético, tipo austenico
1.04 Plancha de acero	1	Unidad	(Ø.0.40), Espesor de 2 mm, acero inoxidable amagnético, tipo austenico

1.05	Plancha de acero	1	m2	(0.8 x 1.0), Espesor de 3 mm acero inoxidable amagnético, tipo austenico
1.06	Tubo de acero	1	m	Tubo 0.20 m de acero inoxidable 1"
1.07	Soldadura	5	m	Arco eléctrico tipo MIG
02	MOLINO DE MARTILLO			
2.01	Motor	1	Unidad	1 HP, 3600 RPM 220 V
2.02	Eje de rotor	1	m	(Ø 19 mm), 0.3 m Acero inoxidable amagnético
2.03	Reten	1	Unidad	30x25x8 mm
2.04	Malla	1	m2	Acero inoxidable 0.7 mm
2.05	Malla	1	m2	Acero inoxidable 4 mm
03	SISTEMA DE AGITACION			
3.01	Motor reductor	1	Unidad	1 HP, 105.7 RPM 220 V
3.02	Tubo de acero inoxidable	1	m	1 m 1/4", AISI 304
3.03	Paleta de acero inoxidable	1	m2	0.04 x 0.3 m espesor 2.5 mm AISI 304
04	FUENTE DE ENERGIA			
4.01	Tubo de cobre	1	m	1 m, Ø 3/8"
4.02	Tubo de acero	1	m	1 m 3/4" x 1.2 mm
4.03	Hornilla de gas	1	Unidad	Aluminio
4.04	Piloto	1	Unidad	De bronce 1" de salida
4.05	Aceite	2	gl	Monogrado térmico
4.06	Manguera de alta presión	2	m	Ø 5/16" 400 PSI
05	SOPORTE O ARMAZON			
5.01	Plancha negra de acero	1	m2	(1.2 x 2.4), espesor 2.5 mm
5.02	Plancha negra de acero	1	m2	(1.2 x 1.2), espesor 1/27"
5.03	Garuchas	4	unidad	ruedas de jebe negro
06	ACCESORIOS DE SEGURIDAD Y CONTROL			
6.01	Válvula selenoide	1	Unidad	220v 3/8"
6.02	Válvulas de gas	1	Unidad	De alta presión
6.03	Válvula de bola	1	Unidad	Diámetro 1" de acero inoxidable
6.04	Válvula de bola	1	Unidad	Diámetro 1/4" de acero inoxidable
6.05	Interruptores	4	Unidad	15 Amp , 220 V
6.06	Válvula de seguridad aceite	1	Unidad	Bronce
07	SISTEMA ELECTRICO			
7.01	Transformador	1	Unidad	220/210 500 wats
7.02	Cable eléctrico	10	m	GPT 16 AWG
7.03	Condensador	1	unidad	Cap. 60 hz
7.04	Tomacorriente	1	Unidad	15 Amp , 220V
7.05	Bobina permanente	1	Unidad	10 µf
7.06	Tubo corrugado	3	m	Plástico térmico
7.07	Cable vulcanizado	3	m	(Ø 2), numero 16

7.08	Pirómetro	1	Unidad	0 - 400°C 220
7.09	Contactador	1	Unidad	19 Am 220 V
7.1	Cable eléctrico	3	m	NLT 2x16 AWG
08	MATERIALES DE ACABADO			
8.01	Pintura	1	Unidad	Color blanco y plomo
8.02	Thiner	1	Unidad	
8.03	Pintura en espray	1	Unidad	Color blanco -ABRO
8.04	Silicón térmico	1	Unidad	Resistente al calor
8.05	Cintas aislantes	1	Unidad	Color negro

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Material Experimental.

a.- Materia prima.

- ⊕ Quinoa
(Variedad Blanca de Juli).

b.- Equipos

- ⊕ Licuadora industrial.
 Marca : Alexander NOBBA.
 Capacidad : 20 L/h.
- ⊕ Balanza analítica.
 Marca : OHAUS.
 Capacidad : 10 Kg.
 Precisión : 0.02 g.

c.- Materiales de proceso.

- ⊕ Cocina a gas propano.
 Marca : HEU GAS.
- ⊕ Olla a presión.
 Marca : OCLOOC.
 Capacidad : 4 L.
- ⊕ Tamiz.

- ⊕ Mesa.
- ⊕ Envases de vidrio.
- ⊕ Paletas de madera.

d.- Instrumentos de laboratorio.

- ⊕ Termómetro.
Marca : QUEVENNE.
Capacidad : 150 °C.
- ⊕ Balanza analítica.
Marca : OHAUS.
Capacidad : 2610 gr.
- ⊕ Estufa.
- ⊕ Vaso precipitado.
- ⊕ Mufla.
- ⊕ Bureta.
- ⊕ Pipeta.
- ⊕ Probeta.

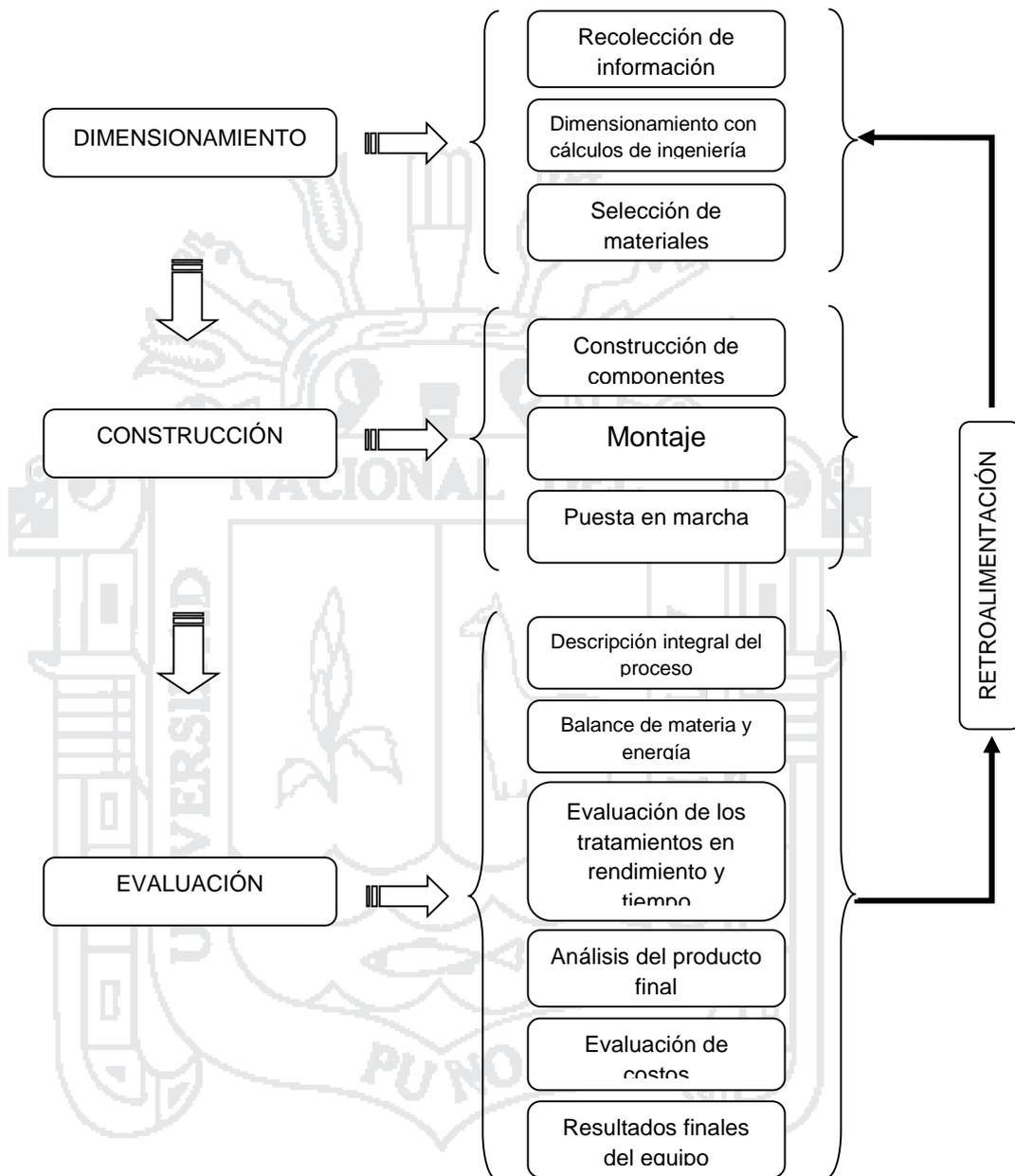
3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 METODOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

La metodología seguida para la construcción del equipo extractor se ilustra en la figura (14).

Para el dimensionamiento del equipo se toma como base investigaciones anteriores realizadas para la construcción de equipos extractores, estableciéndose en escritorio las características, medidas, parámetros y requerimiento para la construcción del equipo para el que se plantea una capacidad de proceso de 20 litros por batch.

Fig. 14: DIAGRAMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO



Fuente: Elaboración propia

Para el dimensionamiento, se utilizó normas establecidas por la ASME y API ASME (1952), principios de transferencia de calor, resistencia de materiales y propiedades físicas de los alimentos, teniendo en cuenta los principios básicos de construcción por lo que los mismo se adecuan a las normas sanitarias requeridos para la elaboración de alimentos.

3.3.2 METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO CON CÁLCULO DE INGENIERÍA

Para establecer las características y dimensiones de la maquina aplicamos los cálculos de Ingeniería, teniendo como base las propiedades de los materiales y accesorios que forman parte en la construcción del equipo, los cuales nos llevan a cumplir con el fin propuesto de construir un equipo que permita obtener Sucedáneo de leche.

3.3.2.1 CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA DEL EQUIPO EXTRACTOR

Los cálculos de la estructura del equipo se realizan en base a informaciones y antecedentes de maquinas que fueron construidas para la extracción de Sucedáneo de leche, además se recopila información de textos, con los cuales se inicia un planteamiento de la estructura del equipo identificándose las partes más importantes del equipo los cuales son:

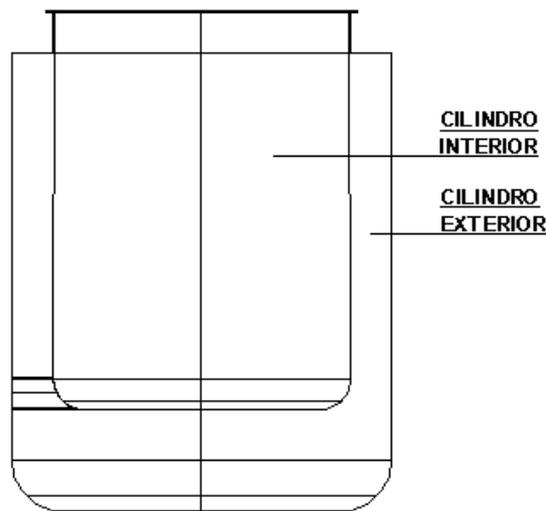
- Olla con chaqueta de aceite.
- Molino de martillo con cuchilla.

Para la construcción de las partes mencionadas se tiene en cuenta los principios básicos para la construcción de equipos por lo que los mismos se adecuan a las normas sanitarias requeridas para la elaboración de alimentos.

a) DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA OLLA ENCHAQUETADA

La olla enchaquetada consta de un sistema compuesto por dos cilindros concéntricos, el cilindro interior es en donde se lleva el proceso de cocción y pasteurización y el cilindro exterior encierra en su interior al aceite que sirve como una batería de calor para el proceso de pasteurización del Sucedáneo de leche.

Fig. 15: ESTRUCTURA DE LA OLLA ENCHAQUETADA



Fuente: Elaboración propia

a.1 CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA DE LA OLLA DE PROCESO

Los cálculos que se realizaron para determinar las dimensiones de la olla de proceso, el cual corresponde al cilindro interior mostrado en la figura (15), están en función de la capacidad planteada de 20 L/batch ($V \cong 20$ L), para ello se realizó cálculos para el volumen (capacidad) y el espesor de la plancha.

a.1.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA OLLA DE PROCESO

Para establecer las dimensiones de la olla de proceso utilizamos ecuaciones conocidas de volúmenes y áreas los que se detallan a continuación:

$$V_1 = \pi r_1^2 h \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

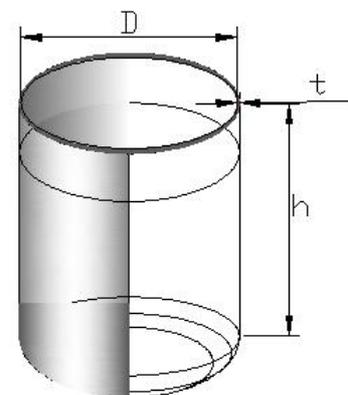
Donde:

V_1 = volumen interior de la olla (m^3).

r_1 = radio interior de la olla (m).

h = altura de la olla (m).

$f = 3.1415927$



Según Mc Smit (1968), indica que la relación h/D (Altura/Diámetro), debe ser igual a uno para recipientes de volumen menores a un metro cubico, entonces:

$$h/D = 1 \dots \dots \dots V \leq 1 \text{ m}^3 \quad \text{Ecuación (3.2)}$$

Del cual se deduce que $h = D$

Por lo tanto la ecuación (3.1), se modifica en:

$$V_1 = \pi D^3 / 4 \quad \text{Ecuación (3.3)}$$

Donde:

D = es el diámetro de la olla (m).

Despejando el diámetro se obtiene:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_1}{\pi}} \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

La altura real de la olla por recomendación del código API-ASME (1952), por cuestiones de seguridad recomienda incrementar la altura teórica del recipiente en 30 a 35 %, tomándose como referencia el máximo valor recomendado (35 %) el cual se expresa mediante la siguiente ecuación.

$$h_r = h(1.35) \quad \text{Ecuación (3.5)}$$

Donde:

h_r = Altura real del recipiente.

a.1.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA PLANCHA DE ACERO QUE FORMA LA OLLA DE PROCESO

Para hallar el espesor de la plancha que forma la olla de proceso hacemos uso de la ecuación citada por Rase y Barrow (1984), recopilada de

la API-ASME (1952), quien recomienda para recipientes de pared delgada la ecuación siguiente:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad \text{Ecuación (3.6)}$$

Donde:

t = espesor de la plancha (pulg).

P = presión manométrica de trabajo en (lb/pulg³).

R = radio interior de la olla en (pulg).

S = esfuerzo admisible de trabajo.

E = eficiencia de las juntas de la soldadura (arco eléctrico), es de 75 % según el código API-ASME (1952).

C : tolerancia a la corrosión del acero (pulg).

El esfuerzo máximo admisible (S) según las propiedades de los aceros inoxidables se considera *586 N/mm³ para el acero inoxidable AISI 304*.

La tolerancia a la corrosión del acero (C) según la API-ASME (1952), se considera igual a 0.0625 pulg. para el acero inoxidable *AISI 304*.

CÁLCULO DE LA PRESIÓN MANOMÉTRICA DE TRABAJO

Tratándose de un recipiente semi abierto la presión interna que soporta la pared del recipiente se puede calcular haciendo uso de la ecuación recopilada por Ramos & Manzano (2002):

$$P = \rho g h_r + P_{atm} \quad \text{Ecuación (3.7)}$$

Donde:

P = presión manométrica de trabajo (kN/m²).

ρ = densidad del Sucedáneo de leche para fines de cálculo adoptamos la densidad de la leche (kg/m³).

g = aceleración de la gravedad (m/seg).

h_r = altura real del recipiente (m).

P_{atm} = presión atmosférica en Puno (6614.953 kg-f/m³).

a.2 CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA DE LA OLLA EXTERIOR

a.2.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA OLLA EXTERIOR

Las dimensiones de la olla que contiene en su interior el aceite y a la olla de proceso esta determinado por las siguientes ecuaciones:

$$V_2 = \pi r_2^2 h_2 \tag{Ecuación (3.8)}$$

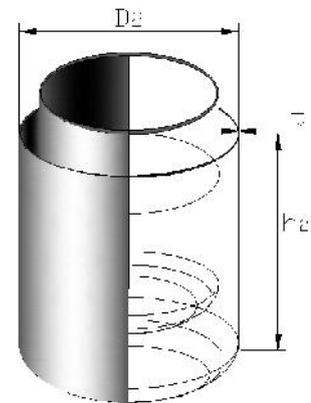
Donde:

V_2 = volumen interior de la olla (m^3).

r_2 = radio interior de la olla (m).

h_2 = altura de la olla (m).

$f = 3.1415927$.



De la ecuación (3.8), se tiene:

$$V_2 = \frac{\pi D_2^3}{4} \tag{Ecuación (3.9)}$$

Despejando D_2 en la ecuación (3.9) se establece que:

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4V_2}{\pi}} \tag{Ecuación (3.10)}$$

Donde:

D_2 : es el diámetro de la olla que contiene al aceite y la olla de proceso (m).

De la relación planteada por Mc Smit (1968).

$$\frac{h_2}{D_2} = 1 \dots \dots V \leq 1m^3 \tag{Ecuación (3.11)}$$

Deducimos que $h_2 = D_2$

Para establecer la altura real recipiente por recomendación del código API-ASME (1952), por márgenes de seguridad se debe incrementar la altura teórica del recipiente en 30 a 35 %, tomándose como referencia el mínimo valor recomendado (30 %) el cual se expresa mediante la siguiente ecuación.

$$h_r = h_2(1.30) \quad \text{Ecuación (3.12)}$$

Donde:

h_r = altura real del recipiente exterior.

a.2.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA PLANCHA QUE CONFORMA LA OLLA EXTERIOR

El espesor de la plancha que conforma la olla exterior, como en el caso de la olla de proceso, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} + C \quad \text{Ecuación (3.13)}$$

Donde se distingue:

t = espesor de la plancha (pulg).

P = presión manométrica de trabajo en (lb/pulg³).

R = radio interior de la olla en (pulg).

S = esfuerzo admisible de trabajo.

E = eficiencia de las juntas de la soldadura (arco eléctrico), es de 75 % según el código ASME (1952).

C = tolerancia a la corrosión del acero (pulg).

El esfuerzo máximo admisible (S), según las propiedades de los aceros inoxidables se considera 586 N/mm³ para el acero inoxidable AISI 304.

CÁLCULO DE LA PRESIÓN MANOMÉTRICA DE TRABAJO.

CÁLCULO DE LA PRESIÓN MANOMÉTRICA DE TRABAJO.

La presión interna del recipiente no está sujeto a presión de expansión interna puesto que el líquido que contiene en su interior evapora a más de 300 ° C por lo tanto se considera como un recipiente común, para calcular su presión interna se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{int} = \rho g h_r + P_{atm} \quad \text{Ecuación (3.14)}$$

Donde:

P_{int} = presión interna del recipiente (kN/m²).

... = densidad del aceite de motor (kg/m³).

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/seg).

h_r = altura real del recipiente (m).

P_{atm} = presión atmosférica en Puno (6614.953 kg-f/m³).

b) CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE MOLIENDA

Para determinar la estructura física del molino, se tiene en cuenta que para extraer el Sucedáneo de leche a partir de quinua, la molienda tiene que ser en húmedo resolviendo así la utilización de un molino de martillos.

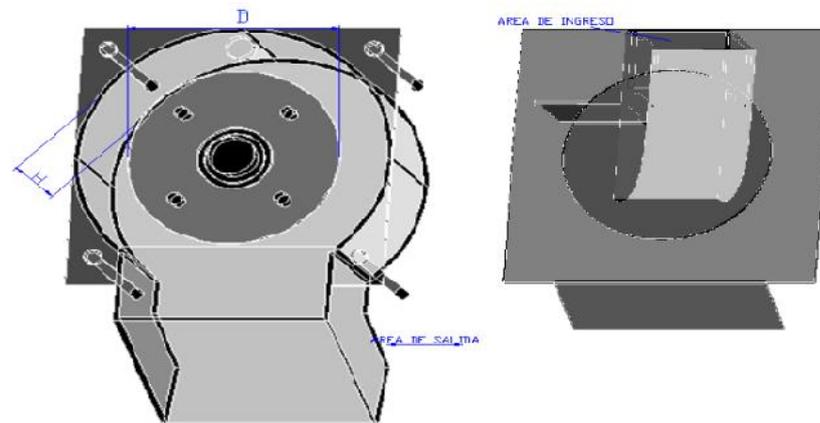
b.1 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DEL MOLINO DE MARTILLO

Según Brennan (1998), la reducción de tamaño se debe principalmente a la fuerza de impacto. Aunque en condiciones obturantes también puede participar en la reducción de tamaño las fuerzas de fricción. Con frecuencia los martillos se sustituyen por cortadoras o barras.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente optamos por elegir un molino de martillos, cuyos martillos son sustituidos por barras cortadoras (cuchillas), puesto que este tipo de molinos son capaces de triturar sólidos cristalinos duros, productos fibrosos, vegetales, productos untuosos, etc.

La estructura del molino esta compuesto por diversos elementos para los cuales se determina sus características:

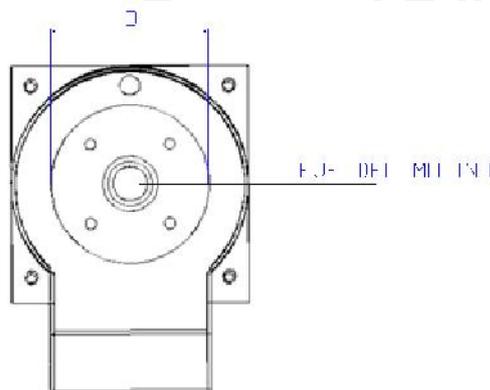
Fig. 16: ESTRUCTURA DEL MOLINO DE MARTILLO



Fuente: Elaboración propia

b.1.1 CÁLCULO PARA LA CÁMARA DE PICADO

Para establecer las características de la zona en donde ocurre la trituración de la materia prima consideramos una carga de 1 a 2 kilogramos de materia prima por batch, tomando el promedio de 1.5 kilogramos, el cual ocupa un volumen de 0.0015 m³, con el que se determina el volumen de la coraza cilíndrica, sus características están determinados mediante las siguientes ecuaciones:



$$D_{cc} = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

Donde:

D_{CC} = diámetro de la coraza cilíndrica (m).

V_{CC} = volumen ocupado por la materia prima (m^3).

Para un volumen promedio de $0.0015 m^3$ y diámetro de la coraza cilíndrica (D_{CC}) se considera una altura de la coraza cilíndrica h_{cc} .

b.1.2 Altura de la coraza cilíndrica.

Para hallar la altura de la coraza cilíndrica consideramos un volumen de $0.0015 m^3$.

$$V_{CC} = h_{CC} \pi r_{CC}^2 \tag{Ecuación (3.16)}$$

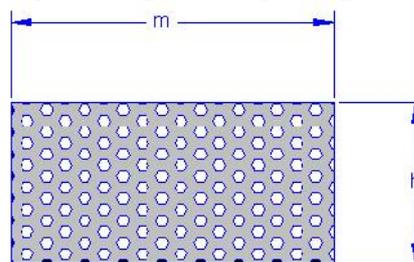
Donde:

V_{CC} = volumen de la coraza cilíndrica ocupado por materia prima (m^3).

h_{CC} = altura de la coraza cilíndrica (m).

r_{CC} = radio de la coraza cilíndrica (m^2).

La coraza cilíndrica esta compuesto por una canastilla en donde se lleva acabo el proceso de trituración para lo cual determinamos sus características:



Área total de la malla.

Ecuación (3.17)

$$A_{tm} = \pi D h$$

Donde:

A_{tm} = área total de la malla (m).

D = diámetro de la canastilla (m).

h = altura de la canastilla (m).

b.1.2 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INGRESOS Y SALIDA

El área de ingreso y de salida se determina en base a las especificaciones técnicas de la malla de 0.75 mm, el cual nos indica que en un metro cuadrado de malla existen 800000 agujeros los cuales hacen un área total de 0.3536 m² ocupando el 36 % del área total de la malla. Para optimizar el proceso de molienda debemos tener en consideración que el área de ingreso debe ser menor que el área de salida.

b.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA LA TRITURACIÓN

Geankoplis (1998); las diversas teorías o leyes que se han postulado para predecir las necesidades de potencia en la reducción de tamaño de los sólidos, no dan buenos resultados en la práctica. Parte del problema radica en la estimación de la cantidad teórica de energía necesaria para fracturar y crear nuevas áreas superficiales. Los cálculos aproximados producen eficiencias reales de 0.1 % al 0.2 %.

La estimación de las necesidades de energía para el cálculo de potencia en la molienda utilizamos la fórmula planteada por Bond:

$$\frac{P}{T} = 1.46 E_i \left(\frac{1}{\sqrt{D_p}} - \frac{1}{\sqrt{D_f}} \right) \quad \text{Ecuación (3.18)}$$

En el que se identifica:

P = potencia (Hp).

T = velocidad de alimentación (Ton/min).

D_p = tamaño del producto (Ø pies).

D_f = tamaño de la alimentación (Ø pies).

E_i = índice de trabajo final.

3.3.3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL EQUIPO

La evaluación se realizó con la finalidad de subsanar posibles anomalías que pueda presentar el equipo luego de su construcción. Esta evaluación esta orientado a revisar las partes dinámicas y mecánicas de la estructura del equipo, los cuales se centraron en el molino de martillo y en la olla enchaquetada.

3.3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE OPERACIÓN

3.3.4.1 GENERALIDADES

Se realizó una descripción detallada del proceso estableciendo el proceso más adecuado para la obtención de Sucedáneo de leche a partir de quinua puesto que de esta fase depende la calidad del producto final, sin olvidar que las buenas prácticas de manufactura nos ayuda a conseguir dicha calidad.

3.3.4.2 DESCRIPCIÓN INTEGRAL DEL PROCESO

a) RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Dada la amplia variabilidad genética que presenta la quinua, investigaciones desarrolladas anteriormente recomiendan la utilización de los genotipos cristalinos y no los amiláceos, resolviendo así la utilización del genotipo Blanca de Juli el cual reúne las características deseadas para el presente trabajo, cuya adquisición se realizó del Centro Experimental INIA.

b) CLASIFICACIÓN

En esta etapa se realiza la clasificación de los granos de quinua, debido a que estos no son homogéneos, además se procede a la separación de granos inmaduros, partidos y materiales extraños. Este proceso nos permite una mejor utilización de la materia prima para la obtención del Sucedáneo de leche a partir de quinua.

c) DESAPONIFICACIÓN

Una característica muy particular del grano de quinua es la presencia de saponina (glucósido triterpenoide), que se encuentra en la cobertura externa (episperma) de la quinua, el cual le confiere un sabor amargo; esta sustancia se elimina mediante un proceso de desaponificación. Para el presente trabajo se realiza la desaponificación por el método tradicional, este proceso consiste en frotar los granos de quinua con las manos en agua corriente hasta que no forme y tome mas espuma.

d) SECADO

Después de la desaponificación de los granos de quinua se procede al secado para reducir la humedad del grano de 12 – 15 % el cual se logra exponiéndolo al sol los granos y removiendo para que la quinua pierda humedad.

e) REMOJADO

Es el proceso de rehidratación de los granos, el cual consiste en saturar con agua los granos de quinua, por un periodo de 12 horas en cuyo lapso, el agua se difunde a través de las microestructuras de la quinua, las células de los tejidos por el fenómeno de turgencia se hinchan. Este proceso de rehidratación esta determinado por la composición química (proteínas) y permeabilidad cualitativa del tegumento del grano.

f) MOLIENDA

En esta etapa los granos rehidratados son sometidos a un proceso de molienda con la finalidad, de reducir el tamaño del grano de quinua el cual facilita la extracción del Sucedáneo de leche a partir de quinua, cabe mencionar que la molienda se realiza en húmedo.

g) COCCIÓN / HOMOGENIZACIÓN

Luego de la molienda se tiene la cocción y homogenización, en esta etapa el Sucedáneo de leche a partir de quinua es sometida a un tratamiento térmico el cual se lleva a una temperatura de 86 °C por un tiempo de 15 minutos cuyo propósito es inactivar y eliminar la carga microbiana que puedan incidir negativamente en la calidad del producto final.

h) FILTRADO

El filtrado se realiza con la finalidad, de separar la parte sólida (orugo), de la líquida, para este proceso se utiliza un tamiz N° 200 (designación Tayler), aproximado, con el cual se consigue un producto homogéneo, que viene a ser el Sucedáneo de leche a partir de quinua.

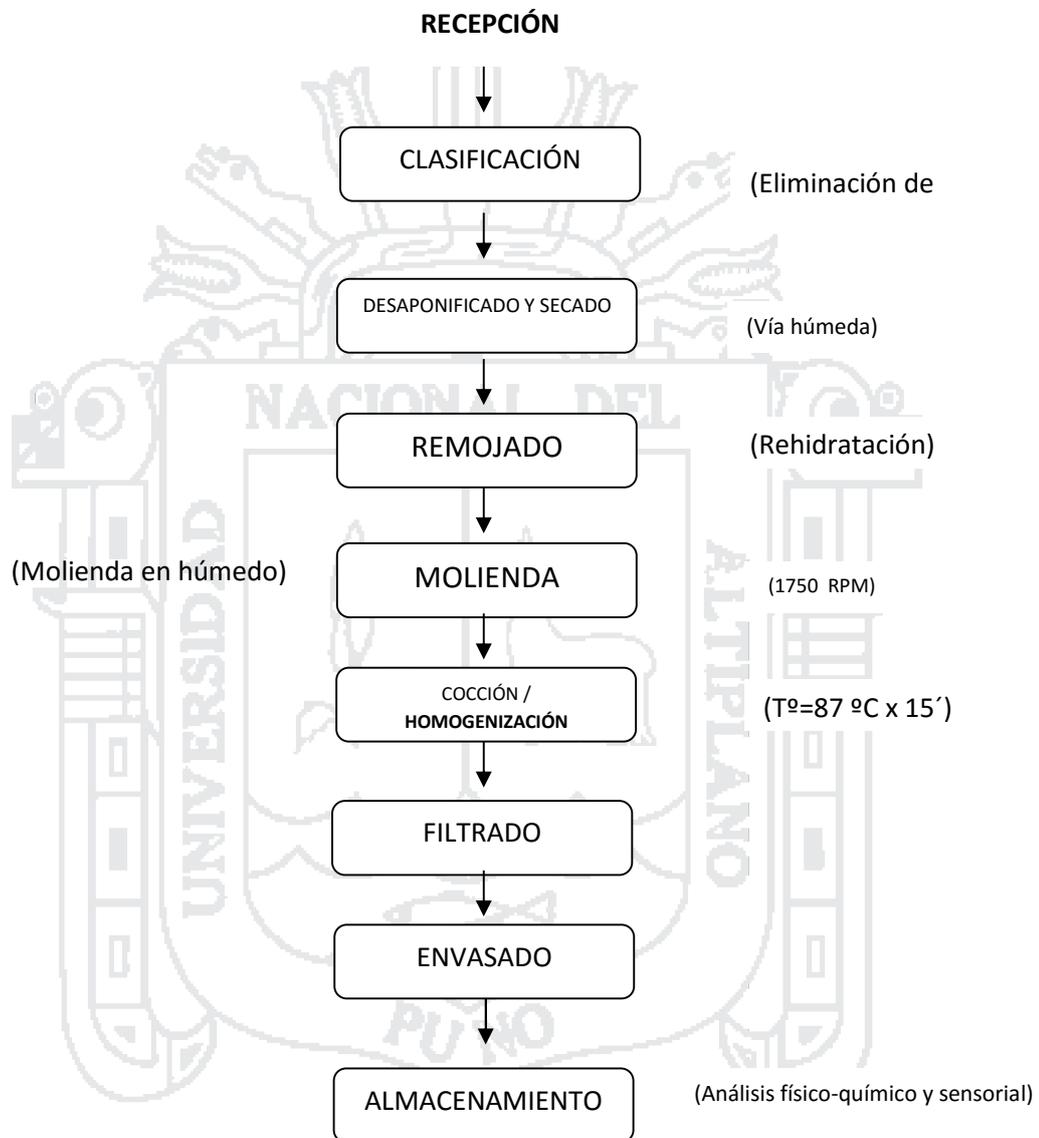
i) ENVASADO

El envasado es un proceso importante en el cual se debe tener en cuenta las propiedades del material que contendrá el producto debiendo ser este atóxico y químicamente inerte por esta razón el envasado se realiza en recipientes de plástico y/o vidrio para su posterior almacenamiento y/o distribución.

j) ALMACENAMIENTO

El Sucedáneo de leche a partir de quinua, debe ser almacenado en refrigeración a una temperatura (4 – 8 °C) y en condiciones adecuadas de higiene, de lo contrario se producirá el deterioro del mismo.

Fig.17: DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE SUCEDÁNEO DE LECHE A PARTIR DE QUINUA



Fuente: Elaboración propia

3.3.4.3 BALANCE DE MATERIA

El balance de materia se realiza para establecer las diferencias que existen en el rendimiento y tiempo entre un proceso artesanal y el extractor construido. Para realizar el balance de materia utilizamos la ley de

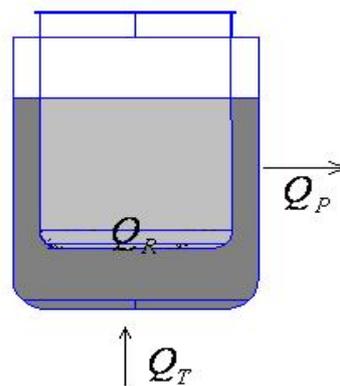
conservación de la masa, el cual indica que la masa que entra al sistema es igual a la que sale mas la acumulada en el proceso, para dicho balance se procesan 10 litros de Sucedáneo de leche con cinco repeticiones, para cada proceso utilizando como materia prima quinua de la variedad Blanca de Juli.

3.3.4.4 BALANCE DE ENERGÍA

Se realiza un balance de energía con la finalidad de conocer la cantidad de calor que será necesario suministrar al equipo para procesar el Sucedáneo de leche, para ello se hace el uso de ecuaciones termodinámicas de transferencia de calor el cual nos determina el calor cedido por el equipo al producto y las pérdidas que se generan hacia el medio exterior.

a) BALANCE DE ENERGÍA EN EL EQUIPO EXTRACTOR

La cantidad de calor requerido para el tratamiento térmico del Sucedáneo de leche, se calcula en base a las ecuaciones de balance de calor, considerando el calor necesario para llevar el proceso y las pérdidas de calor generado por el sistema.



$$Q_T = Q_R + Q_P$$

Ecuación (3.22)

Donde:

Q_T = calor total requerido para el proceso (W).

Q_R = calor requerido para el tratamiento térmico del Sucedáneo de leche (W).

Q_P = calor perdido por el sistema (W).

a.1 CÁLCULO DE CALOR REQUERIDO PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO DEL SUCEDÁNEO DE LECHE (Q_R)

La cantidad de calor requerido para el tratamiento térmico está en función de la suma del calor requerido para elevar la temperatura del producto a tratar y el aceite que esta contenido en el interior de la chaqueta, para el que se ha determinado un flujo de proceso por hora.

$$Q_R = (Q_L + Q_A) / t \quad \text{Ecuación (3.23)}$$

Donde:

Q_R = calor requerido para el tratamiento térmico del Sucedáneo de leche (W).

Q_L = calor requerido por la materia prima (kcal).

Q_A = calor requerido para el aceite (kcal).

t = tiempo de proceso (h).

a.1.1 CÁLCULO DE CALOR REQUERIDO PARA EL PRODUCTO

Para cuantificar el calor requerido para el producto aplicamos la ecuación (3.24), cuyo análisis está en función de las propiedades de la leche, que se detallan en el (Anexo 01).

$$Q_L = m_1 C_{p1} \Delta T \quad \text{Ecuación (3.24)}$$

Donde:

Q_L = calor total requerido por la materia prima (kJ).

m_1 = masa de la leche (kg).

C_{p1} = calor específico de la leche (kJ / kg °C).

ΔT = variación de la temperatura del proceso (°C).

a.1.2 CÁLCULO DE CALOR REQUERIDO PARA EL ACEITE

El calor requerido para el aceite se calcula mediante la ecuación (3.25), para el que se toma las propiedades del aceite de motor, que se detallan en el (Anexo 05).

$$Q_A = m_2 C_{p_2} \Delta T \quad \text{Ecuación (3.25)}$$

Donde:

Q_A = calor total requerido para calentar el aceite (kJ).

m_2 = masa del aceite incluido en el proceso (Kg).

C_{p_2} = calor específico del aceite (kJ/Kg °C).

ΔT = variación de la temperatura del proceso (°C).

a.2 PÉRDIDAS DE CALOR EN LA OLLA ENCHAQUETADA

a.2.1 PÉRDIDA DE CALOR EN LA PARTE SUPERIOR DE LA OLLA

La pérdida de calor en la parte superior de olla esta dado por convección natural en el cual la fuerza motriz procede de la variación de densidad en el fluido como consecuencia del contacto con una superficie a diferente temperatura, lo que da lugar a unas fuerzas ascensionales; el fluido próximo a la superficie adquiere una velocidad debida únicamente a esta diferencia de densidades, sin ninguna influencia de una fuerza motriz exterior; para dicho cálculo se usa la siguiente ecuación.

$$q_1 = h A(T_w - T_f) \quad \text{Ecuación (3.26)}$$



Donde:

q_1 = es la velocidad de transferencia de calor (W).

h = es coeficiente convectivo de transferencia de calor ($W/m^2 \cdot ^\circ K$).

A = es el área en (m^2).

T_w = es la temperatura de la superficie del sólido ($^{\circ}C$).

T_f = es la temperatura promedio o general o del fluido ($^{\circ}C$).

Para determinar el coeficiente convectivo de transferencia de calor h se utilizan los números adimensionales de Reynolds, Prandtl y Nusselt los cuales se detallan a continuación:

$$h = \frac{N_u K}{L} \quad \text{Ecuación (3.27)}$$

Donde:

N_u = número de Nusselt.

h = coeficiente de transferencia de calor ($W/m^2 \text{ } ^{\circ}K$).

L = longitud de la plancha (perímetro) (m).

K = conductividad térmica del aire ($W/m^2 \text{ } ^{\circ}K$).

$$N_{gr} = \frac{L^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2} \quad \text{Ecuación (3.28)}$$

Donde:

N_{gr} = número de Grashof.

L = diámetro de plancha (m).

= densidad del aire (kg/m^3).

g = gravedad (m/s).

= coeficiente volumétrico de expansión del fluido ($1/ \text{ } ^{\circ}K$).

μ = viscosidad del aire (kg/ms).

T = diferencia positiva de temperatura ($^{\circ}K$).

$$R_e = G_r P_r \quad \text{Ecuación (3.29)}$$

Donde:

R_e = número de Reynolds.

N_{gr} = número de Grashof.

N_{pr} = número de Prandtl.

Las propiedades del aire en la película de la placa se identifican a una temperatura determinada por la siguiente ecuación:

$$t_f = \frac{t_i + t_s}{2} \quad \text{Ecuación (3.30)}$$

Donde:

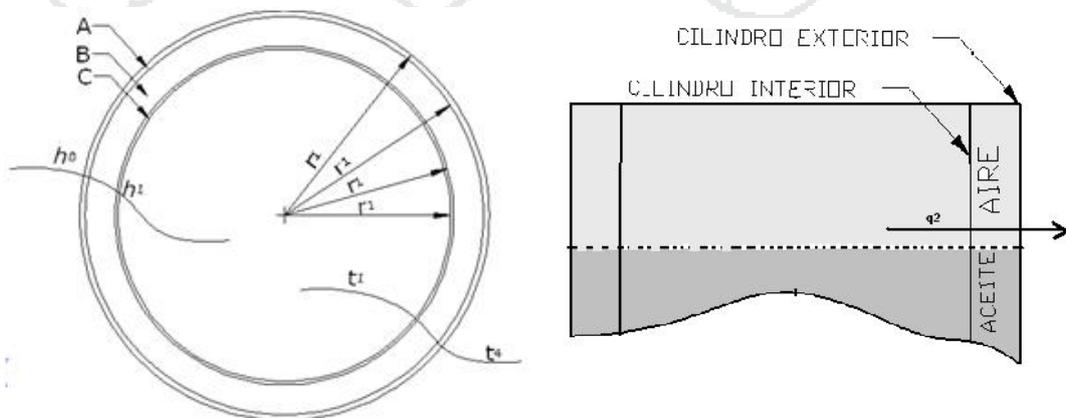
t_f = temperatura de la película de la placa ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{K}$).

t_i = temperatura de la placa ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{K}$).

t_s = temperatura del medio externo ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{K}$).

a.2.2 PÉRDIDA DE CALOR EN LA PARED SUPERIOR DE LA OLLA

La pérdida de calor ocurre en la sección del cilindro que no es ocupado por el aceite, los cálculos se realizan mediante ecuaciones generales de transferencia de calor para segmentos esféricos en base a la ley de Fourier (ecuación 2.7), con la finalidad de registrar las pérdidas de calor hacia el medio que lo rodea.



$$q_2 = \frac{t_1 - t_4}{\frac{(r_2 - r_1)}{K_A A_{ALm}} + \frac{(r_3 - r_2)}{K_B A_{BLm}} + \frac{(r_4 - r_3)}{K_C A_{CLm}} + \frac{1}{h_0 A_0} + \frac{1}{h_1 A_1}} \quad \text{Ecuación (3.31)}$$

Donde:

q_2 = velocidad de transferencia de calor (W).

t_1 = temperatura en el interior de la chaqueta (°K).

t_4 = temperatura en la superficie exterior de la chaqueta (°K).

r_1 = radio interior del cilindro de proceso (m).

r_2 = radio exterior del cilindro de proceso (m).

r_3 = radio interior del cilindro que contiene al aceite (m).

r_4 = radio exterior del cilindro que contiene al aceite (m).

K_A = conductividad térmica de la plancha de acero del cilindro de proceso (W/m °K).

K_B = conductividad térmica del aire dentro del cilindro concéntrico (W/m °K).

K_C = conductividad térmica de la plancha de acero del cilindro exterior (W/m °K).

A_{ALm} = media logarítmica del área de la plancha de acero del cilindro de proceso (m²).

A_{BLm} = media logarítmica del área ocupada por el aire (m²).

A_{CLm} = media logarítmica del área de la plancha de acero del cilindro exterior (m²).

A_0 = área exterior del cilindro (m²).

h_0 = coeficiente convectivo externo (W/m². °K).

A_1 = área interior del cilindro (m²)

h_1 = coeficiente convectivo del interior del cilindro (W/m². °K).

La media logarítmica del área que es objeto de análisis se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A_{ln} = \frac{A_2 - A_1}{\ln \frac{A_2}{A_1}} \quad \text{Ecuación (3.32)}$$

Donde:

A_{Ln} = media logarítmica del área en análisis (m).

A_2 = área externa (m).

A_1 = área interna (m).

El coeficiente convectivo en el interior del cilindro h_1 se calcula mediante las correlaciones para determinar el coeficiente de transferencia de calor entre líquidos newtonianos agitados en el interior de un recipiente y la pared interna del cilindro el cual tiene la siguiente forma:

$$\frac{h_1 D_i}{k} = a \left(\frac{D_a^2 N \rho}{\mu} \right)^b \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^m \quad \text{Ecuación (3.33)}$$

Donde:

h_1 = coeficiente convectivo del interior del cilindro ($W/m^2 \cdot ^\circ K$).

D_i = diámetro interior del cilindro (m).

K = conductividad térmica de la plancha de acero del cilindro de proceso ($W/m \cdot ^\circ K$).

D_a = diámetro del agitador (m).

N = velocidad de rotación del agitador (rev/seg).

= densidad del líquido (kg/m^3).

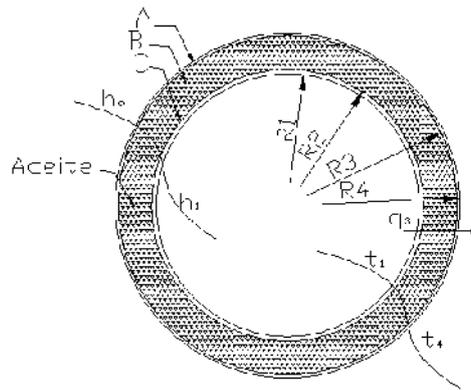
μ = viscosidad del líquido (Pa.seg).

C_p = calor específico del líquido ($J / kg \cdot ^\circ K$).

a.2.3 PÉRDIDA DE CALOR EN LA PARED INFERIOR DE LA OLLA

Referida a la pérdida de calor en la sección ocupada por el aceite en el que ocurre una transferencia de calor por conducción y convección, para cuya determinación se han aplicado las leyes de transferencia de calor específicamente la ley de Fourier del que se deduce:

$$q_3 = \frac{t_1 - t_4}{\frac{(r_2 - r_1)}{K_A A_{ALm}} + \frac{(r_3 - r_2)}{K_B A_{BLm}} + \frac{(r_4 - r_3)}{K_C A_{CLm}} + \frac{1}{h_0 A_0} + \frac{1}{h_1 A_1}} \quad \text{Ecuación (3.34)}$$



Donde:

q_3 = velocidad de transferencia de calor (W).

t_1 = temperatura en el interior de la chaqueta (°C).

t_4 = temperatura en la superficie exterior de la chaqueta (°C).

r_1 = radio interior del cilindro de proceso (m).

r_2 = radio exterior del cilindro de proceso (m).

r_3 = radio interior del cilindro que contiene al aceite (m).

r_4 = radio exterior del cilindro que contiene al aceite (m).

K_A = conductividad térmica de la plancha de acero del cilindro de proceso (W/m °K).

K_B = conductividad térmica del aceite (W/m °K).

K_C = conductividad térmica de la plancha de acero del cilindro exterior (W/m °K).

A_{ALm} = media logarítmica del área de la plancha de acero del cilindro de proceso (m²).

A_{BLm} = media logarítmica del área ocupada por el aceite (m²).

A_{CLm} = media logarítmica del área de la plancha de acero del cilindro exterior (m²).

A_0 = área exterior del cilindro (m²).

h_0 = coeficiente convectivo externo (W/m². °K).

A_1 = área interior del cilindro (m²).

h_1 = coeficiente convectivo del interior del cilindro ($W/m^2 \cdot ^\circ K$).

La media logarítmica del área que es objeto de análisis se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$A_{Ln} = \frac{A_2 - A_1}{\ln \frac{A_2}{A_1}} \tag{Ecuación (3.35)}$$

Donde:

A_{Ln} = media logarítmica del área en análisis.

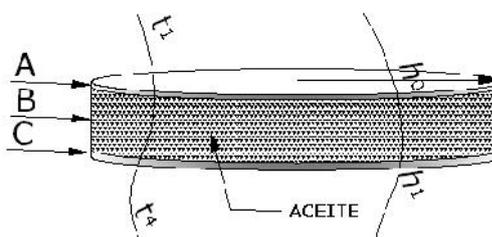
A_2 = área externa (m).

A_1 = área interna (m).

a.2.4 PÉRDIDA DE CALOR EN LA BASE DE LA OLLA

Referido a la base de la olla cuya pérdida de calor es por conducción y convección para tal efecto el análisis se considera como una placa calentada hacia abajo. La determinación de calor se realiza aplicando la ley de Fourier (ecuación 2.7), del cual se deduce:

$$q_4 = \frac{t_1 - t_4}{\frac{\Delta_{XA}}{K_A A_1} + \frac{\Delta_{XB}}{K_B A_2} + \frac{\Delta_{XC}}{K_C A_3} + \frac{1}{h_0 A_0} + \frac{1}{h_1 A_1}} \tag{Ecuación (3.36)}$$



Donde:

q_4 = velocidad de transferencia de calor (W).

t_1 = temperatura en el interior de la chaqueta ($^\circ C$).

t_4 = temperatura en la base externa de la superficie inferior de la chaqueta ($^\circ C$).

K_A = conductividad térmica de la plancha de acero del cilindro de proceso ($W/m \cdot ^\circ K$).

K_B = conductividad térmica del aceite en ($W/m \text{ } ^\circ K$).

K_C = conductividad térmica de la plancha de acero del cilindro exterior ($W/m \text{ } ^\circ K$).

x_A = espesor de la plancha de acero (cilindro interior) (m).

x_B = espesor de la sección que contiene al aceite (m).

x_C = espesor de la plancha de acero (cilindro interior) (m).

A_1 = área de la sección circular de la base del cilindro interior (m^2).

A_2 = área de la sección circular ocupada por el aceite (m^2).

A_3 = área de la sección circular de la externa del cilindro exterior (m^2).

A_0 = área exterior de la base inferior del cilindro (m^2).

h_0 = coeficiente convectivo externo ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$).

A_1 = área interior del cilindro (m^2).

h_1 = coeficiente convectivo del interior del cilindro ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$).

3.3.5 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN RENDIMIENTO Y TIEMPO DEL SUCEDÁNEO DE LECHE A PARTIR DE QUINUA

Los tratamientos a evaluar son el proceso con extractor (PE) y el proceso artesanal (PA), cuyos tratamientos se evaluaron para establecer la diferencia existente entre ambos en tiempo y rendimiento, para determinar el tiempo de proceso se establece para ambos procesos una temperatura límite inferior a $100^\circ C$ con el que se asegura la cocción y pasteurización del producto.

La recolección de los datos, se efectuó para cada tratamiento (PE y PA), cinco repeticiones de 10 L, con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas significativas; realizando la recolección mediante el control de pesos y tiempo en cada proceso, que sometidos al DCA, se prueba las diferencias existentes entre los promedios de los tratamientos y además se emplea la prueba de significancia de Duncan, puesto que esta prueba nos permite comparar pares de tratamientos no planeados el cual establece un orden de méritos, los datos se analizan con la aplicación del Programa Statgraphics Centurión V 15.

3.3.6 MÉTODOS DE ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL

A) EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO

Los atributos sensoriales evaluados son: color, olor, sabor y consistencia, la metodología seguida fue el ordenamiento por ranking, con un análisis discriminativo, para hacer comparaciones simultaneas de las tres muestras, frente a una muestra patrón, el cual no es identificado por el juez, para tal efecto se codifica todas las muestras los cuales son presentados a la vez, que al ser calificados deben ser ordenados por un juez semi entrenado, de acuerdo a la intensidad del atributo exigiéndosele que necesariamente otorgue una posición a la muestra.

Los atributos sensoriales se compararon por su intensidad, con puntajes que van de 1 a 3, que indica de menor a mayor intensidad, para evaluar los atributos antes mencionados se aplica el método de Friedman y múltiples comparaciones con el cual se quiere detectar diferencias entre tratamientos, cuyo procedimiento se detalla a continuación.

a.- Planteamiento de la hipótesis

H_p : No existe diferencia entre las K muestras.

H_a : Hay diferencia entre las K muestras.

b.- Elección del nivel de significancia: 0.05.

c.- Tipos de pruebas de hipótesis: Friedman y múltiples comparaciones.

d.- Criterios de decisión:

Si $T_2 \leq F_{(1-\alpha, K-1, (n-1)(K-1))}$ Se acepta la HP

Si $T_2 > F_{(1-\alpha, K-1, (n-1)(K-1))}$ Se rechaza la HP

e.- Desarrollo de la prueba estadística

- Arreglamos los puntajes en una tabla de dos clasificaciones, de K condiciones (tratamientos) y n sujetos (bloques).
- Ordenar los puntajes de cada sujeto (bloques), de 1 a K.
- Determinar la suma de los rangos de cada condición (tratamiento):

$$Rt = \sum_{j=1}^n Rij$$

-Cálculo del estadístico de la prueba (T_2):

Primero calculamos A_2 y B_2 .

$$A_2 = \sum_{i=1}^k \cdot \sum_{j=1}^n Rij \quad \text{y} \quad B_2 = \frac{1}{b} \sum_{i=1}^k Ri$$

$$T_2 = \frac{(n-1) \left[B_2 - \left(\frac{nk(k+1)^2}{4} \right) \right]}{A_2 - B_2}$$

Donde:

K = número de tratamientos.

B = número de bloques.

Ri = suma de rangos en la condición (tratamiento).

Cuando la prueba de Friedman ha resultado significativa se debe realizar la prueba de múltiples comparaciones, luego se obtiene la diferencia de estos valores en valor absoluto y se compara con la siguiente expresión:

Si $T_2 > F_{(1-\alpha, K-1, (n-1)(K-1))}$ Se acepta la HP

$$F = t_{(1-\frac{\alpha}{2}, ((n-1)(K-1)gl)} \sqrt{\frac{2n(A_2 - B_2)}{(n-1)(K-1)}}$$

B) EVALUACIONES FÍSICO - QUÍMICAS DEL PRODUCTO FINAL

El análisis físico químico del Sucedáneo de leche a partir de quinua se realizó para determinar las diferencias físico-químicas entre los tratamientos, (proceso artesanal y proceso con extractor) para cuyo análisis se tomaron los siguientes parámetros con su respectivo método:

- **Proteínas (%)**
El porcentaje de proteína se determina mediante el método semi micro kjeldal, según (AOAC, 1994).
- **Humedad (%)**
El porcentaje de humedad se determina mediante la utilización de técnicas de desecación por estufa descrito por la Norma Técnica Nacional (ITINTEC 202.047,1984).
- **Grasa (%)**
Para determinar el porcentaje de grasa se utiliza el método Soxleth, según (AOAC, 1994).
- **Cenizas (%)**
El porcentaje de cenizas se determina mediante el método oficial (AOAC, 1994).
- **Carbohidratos (%)**
Para determinar el porcentaje de carbohidratos se emplea el método (AOAC, 1994).
- **Fibra (%)**
El porcentaje de fibra contenido en el producto esta determinado mediante la aplicación del método (AOAC, 1994).

3.3.7 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE COSTOS

3.3.6.1 Costos De Procesamiento.

La diferencia en el costo de procesamiento entre un proceso artesanal y el proceso con extractor se calcula mediante un cuadro de costos, en el cual se especifica la cantidad, costo unitario, costo total de los insumos materiales y la energía consumida por cada tratamiento.

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO S/.	C. TOTAL

3.3.6.2 Costos de fabricación del equipo.

La estructura de costos para la construcción de la maquina esta dado por el valor monetario que tiene cada componente que conforma el equipo extractor los cuales se detallan en un cuadro. Cabe mencionar que en dicho cuadro se detalla el rubro, unidad, vida útil, cantidad, costo unitario, costo total y finalmente el total de la inversión.

MATERIALES Y ACCESORIOS	UNIDAD DE MEDIDA	VIDA UTIL (Años)	CANTIDAD	C. UNITARIO (\$)	C. TOTAL (\$)

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DIMENSIONAMIENTO CON CÁLCULOS DE INGENIERÍA

Las características y dimensiones de la estructura del equipo a construir se determinaron con la aplicación de los cálculos de Ingeniería, teniendo en consideración las propiedades de los materiales y accesorios que intervienen en la construcción del equipo, los cuales se desarrollaron en base a la metodología planteada.

4.1.1 CÁLCULOS PARA LA ESTRUCTURA DEL EQUIPO EXTRACTOR

Las partes más importantes identificados en la estructura del equipo son:

- Olla con chaqueta de aceite.
- Molino de martillo con cuchilla.

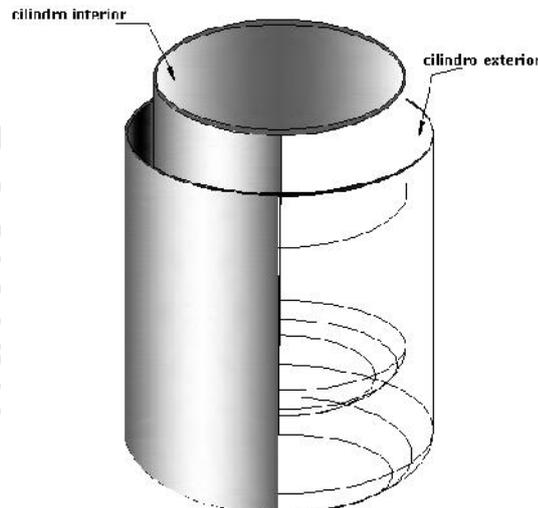
Los cálculos para la construcción de las partes mencionadas están desarrollados en base a especificaciones técnicas dictadas por la ASME y API-ASME (1952).

a) DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA OLLA ENCHAQUETADA

La olla enchaquetada esta compuesto por dos cilindros concéntricos, el cilindro interior es en donde se lleva el proceso de cocción y pasteurización, el cilindro exterior encierra en su interior al aceite, la determinación de sus características esta basado en las normas establecidas por la ASME y API-ASME (1952).

a.1. CÁLCULOS PARA LA ESTRUCTURA DE LA OLLA DE PROCESO

La olla de proceso esta referido al cilindro interior para el que se determina sus características con ecuaciones planteadas en el capítulo anterior.



a.1.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN INTERIOR DE LA OLLA DE PROCESO

Las dimensiones de la olla de proceso están deducidas en base a la ecuación (3.1), para el que se planteo una capacidad del recipiente de 20 L ($V \cong 20 \text{ L}$) del cual se tiene lo siguiente:

$$V_1 = 20 \text{ L}$$

$$r_1 = ?$$

$$h = ?$$

$$\pi = 3.1415927$$

Cabe mencionar que el volumen planteado ($V_1 = 20 \text{ L}$), no es el volumen final de la olla, puesto que el volumen final estará en función del diámetro y la altura para el cual se considera un margen de seguridad.

Para determinar el radio y la altura de la olla se utilizó la ecuación (3.4), siendo el volumen de 0.02 m^3 reemplazando en la ecuación tenemos:

$$D = \sqrt[3]{(4 \times 0.02 / \pi)}$$

$$D = 0.29 \text{ m} \quad r_1 = 0.145 \text{ m}$$

Como resultado se tiene un diámetro de recipiente de 0.29 m el cual implica que el radio del recipiente es de 0.145 m.

De la relación $h/D = 1$ planteado por Mc Smit, (1968), deducimos que $h=D$ entonces la altura teórica del recipiente es 0.29 m.

Para determinar la altura real del recipiente según el código API-ASME (1952), por cuestiones de seguridad se consideró el 35 % de la medida teórica calculada reemplazando en la ecuación (3.5), tenemos:

$$h_r = 0.29 (1.35)$$

$$h_r = 0.39 \text{ m}$$

Entonces la altura real de recipiente (olla de proceso) es 0.39 m con diámetro interno de 0.29 m, cuyas dimensiones cumplen con lo requerido para contener un volumen de 20 L.

a.1.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA PLANCHA DE ACERO QUE FORMA LA OLLA DE PROCESO

El espesor de la plancha que forma la olla está determinado por la ecuación (3.6), citada por Rase y Barrow (1984), recopilada de la API-ASME (1952), las propiedades del acero inoxidable AISI 304 se muestran en (Anexos 02, 03 y 04).

Datos:

t = espesor de la plancha (pulg)

$P = ?$

$R = 0.14 \text{ m} = 5.5118 \text{ pulg}$

$S = 586 \text{ N/mm}^2 \quad 84991.68 \text{ lib/pulg}^2$

$E = 0.75$

$C = 0.0625 \text{ pulg}$

Para determinar el espesor de la plancha es necesario calcular la presión manométrica de trabajo del recipiente, para el que se usó la ecuación (3.7), cuyos datos son:

Datos:

P = presión manométrica de trabajo kN/m^2

ρ = 1030 kg/m^3

g = 9.81 m/seg

h_r = 0.39 m

P_{atm} = $6614.953 \text{ kg-f/m}^2$

Para fines de cálculo se ha considerado las propiedades de la leche, el cual se muestra en el (Anexo 01).

Aplicando en la ecuación (3.7), se obtiene.

$$P = 1039 \times 9.81 \times 0.39 + 6614.953$$

$$P = 10590.063 \text{ Kg-f/m}^2 \quad 15.063 \text{ PSI}$$

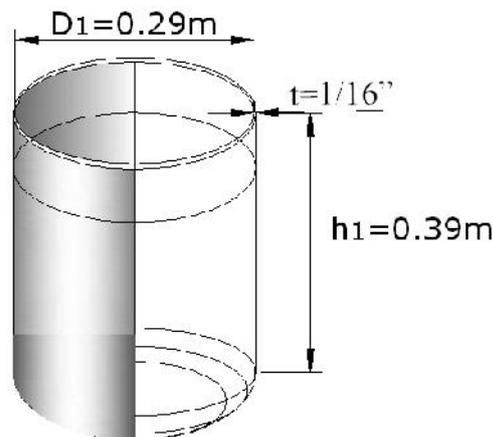
Por márgenes de seguridad se ha considerado el 20 % mas de la presión teórica siendo la presión final de 18.0749 PSI.

Remplazando los datos obtenidos en la ecuación (3.6), para determinar el espesor de la plancha para la construcción de la olla de proceso se obtiene como resultado:

$$t = \frac{18.075 \times 5.51}{84991.68 \times 0.75 - 0.6 \times 18.075} + 0.0625$$

$$t = 0.06406 \text{ pulg}$$

El valor obtenido (0.06406 pulg) se aproxima a una medida comercial de 1/16" que equivale a 0.0625 pulgadas. Por lo tanto se resuelve la utilización de una plancha de 1/16".



El resultado obtenido nos determina que el espesor de la plancha de acero inoxidable es de 1/16", cabe mencionar que este tipo de recipientes son considerados por el código API-ASME (1952), como recipientes de pared delgada, cuando el espesor del mismo es menor que la mitad del radio interno ($11.41'' > 0.0625''$). (0.00025 cm)

a.2 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA OLLA EXTERIOR

Está referido a la olla exterior que en su interior encierra el aceite y la olla de proceso.

a.2.1 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA OLLA EXTERIOR

Para determinar las dimensiones de la olla que contiene en su interior el aceite y a la olla de proceso se utilizó la ecuación (3.8).

$$V_2 = \pi r_2^2 h_2$$

En donde V_2 será la suma del volumen de la olla de proceso más el volumen que ocupa el aceite en el interior de la chaqueta ($\pi \times 0.145^2 \times 0.39 + 0.0169$), siendo esto igual a 0.04273 m^3 , del cual se deducen los siguientes datos:

$$V_2 = 0.04273 \text{ m}^3$$

$$R_2 = ?$$

$$h_2 = ?$$

$$\pi = 3.1415927$$

El cálculo del radio y la altura teórica de la olla exterior se realizó en base a la ecuación (3.10).

Reemplazando tenemos:

$$D_2 = \sqrt[3]{(4 \times 0.0427 / \pi)}$$

$$D_2 = 0.378 \text{ m}$$

El diámetro determinado es el diámetro real de la olla exterior, para determinar la altura teórica recurrimos a la relación planteada por Mc Smit (1968), quien indica que para recipientes de pared delgada se debe cumplir con la relación $h/D = 1$, entonces la altura teórica del recipiente es igual a 0.378 m .

La altura real del recipiente por recomendación del código API-ASME (1952), se ha considerado el 30 % más de la medida teórica total, puesto que el recipiente en su parte superior no está en contacto con el medio ambiente.

Reemplazando en la ecuación (3.12), tenemos:

$$h_r = 0.378(1.30)$$

$$h_r = 0.491 \text{ m}$$

Como resultado se determina que la olla externa tendrá una altura de 0.49 m y un diámetro de 0.37 m, de los resultados obtenidos se observa que la altura determinada se incrementa en 25 % con respecto a la altura de la olla de proceso, también se puede observar que el diámetro determinado se incrementa en un 27 %, con el que se garantiza la distribución uniforme del aceite en el interior de las dos ollas.

a.2.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA PLANCHA DE ACERO QUE FORMA LA OLLA EXTERIOR

El espesor de la plancha que forma la olla exterior esta determinado por la ecuación (3.13), citada por Rase y Barrow (1984), recopilada de la API-ASME (1952), para el cual se tiene los siguientes datos:

t = espesor de la plancha (pulg)

$P = ?$

$R = 0.185 \text{ m (7.284 \text{ pulg})}$

$S = 586 \text{ N/mm}^2 \quad 84991.68 \text{ lib/pulg}^2$

$E = 0.75$

$C = 0.0625 \text{ pulg}$

Para calcular el espesor de plancha determinamos la presión manométrica de trabajo del recipiente (olla exterior) para lo cual recurrimos a la ecuación (3.14), en el que se deduce los siguientes datos:

P = presión manométrica de trabajo kN/m^2

$\rho = 888.2 \text{ kg/m}^3$

$g = 9.81 \text{ m/seg}$

$h_r = 0.49 \text{ m}$

$P_{\text{atm}} = 6614.953 \text{ kg-f/m}^3$

Reemplazando en la ecuación (3.14) tenemos:

$$P = 888.2 \times 9.81 \times 0.49 + 6614.953$$

$$P = 10884.44 \text{ kg-f/m}^2 \quad 15.4811 \text{ PSI.}$$

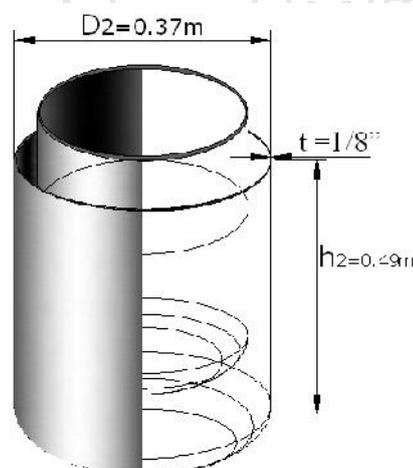
Por márgenes de seguridad se ha considerado el 20 % más de la presión teórica siendo la presión final del recipiente de 18.57 PSI.

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación (3.13), para determinar el espesor de la plancha a ser usada para la construcción de la olla de proceso tenemos:

$$t = \frac{18.57 \times 7.28}{84991.68 \times 0.75 - 0.6 \times 18.57} + 0.0625$$

$$t = 0.14765 \text{ pulg}$$

El espesor teórico de la plancha es de 0.14765 pulg. el cual se aproxima a una medida comercial de $1/8'' = 0.125$ pulg. del cual se resuelve para la construcción la utilización de una plancha de $1/16''$.



Los resultados obtenidos nos permiten establecer el espesor de la plancha el cual es de acero inoxidable AISI 340 de espesor de $1/8''$. Puesto que la presión interna para el recipiente es de 15.48 PSI el cual incrementa el espesor de la plancha con respecto a la olla interna, pero sigue siendo considerado como un recipiente de pared delgada puesto que cumple con lo especificado por el código ASME (1952).

b) CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE MOLIENDA

b.1 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DEL MOLINO DE MARTILLO

b.1.1 CÁLCULO DE LA CÁMARA DE PICADO

La cámara de picado está determinada por el volumen de carga de la materia prima, para el que se considera una carga promedio de 1.5 kilogramos con el que determinamos el diámetro y la altura de la cámara mediante la ecuación (3.15).

Datos:

D_{cc} = Diámetro de la coraza cilíndrica (m)

$V_{cc} = 0.0015 \text{ (m}^3\text{)}$

A su vez el volumen de la coraza cilíndrica (V_{cc}), está en función del volumen que ocupa 1.5 kg de quinua, el cual se aproxima a 0.0015 m^3 .

Reemplazando en la ecuación (3.15), se obtuvo:

$$D_{cc} = \sqrt[3]{4 \times 0.0015 / \pi}$$

$$D_{cc} = 0.124 \text{ m} \quad 0.12 \text{ m}$$

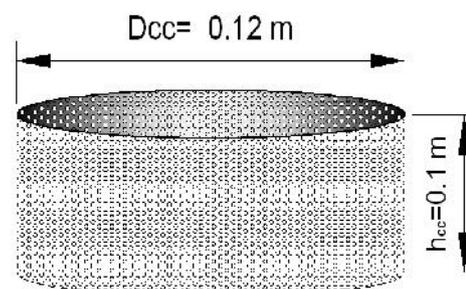
La coraza cilíndrica tiene un diámetro de 0.12 m.

Para calcular la altura de la coraza cilíndrica (h_{cc}), se usó la ecuación (3.16), cuyos valores son:

$$V_{cc} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$h_{cc} = ? \text{ m}$$

$$r_{cc} = 0.06 \text{ m}^2$$



Reemplazando datos en la ecuación (3.16) se tiene:

$$h_{cc} = \frac{0.0015}{\pi(0.06)^2}$$

$$h_{cc} = 0.1 \text{ m} \quad 10 \text{ cm.}$$

Las características de la coraza cilíndrica son: diámetro 0.12 m. altura de 0.1 m. los mismos que son construidos en acero inoxidable AISI 304. La coraza cilíndrica sirve como plato de ruptura y a la vez de filtro en el sistema de molienda, considerando que la molienda es en húmedo y con corriente de agua de tal manera que cumple con los principios de diseño de molino de martillos planteados por Brennan (1998).

b.1.2 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INGRESO Y SALIDA

El área de ingreso y salida esta en función de las características de la malla que forma la coraza cilíndrica los cuales son:

Diámetro de abertura de los agujeros de la malla = 0.75 mm

Espesor de la plancha = 0.125 mm

Para optimizar el proceso de molienda debemos tener en cuenta que el área de ingreso debe ser menor que el área de salida para lo cual calculamos el área total de la coraza cilíndrica mediante la ecuación (3.17), los datos son los siguientes:

$$D = 0.12 \text{ m}$$

$$H = 0.1 \text{ m}$$

Reemplazando datos en la ecuación (3.17), se obtiene:

$$A_{tm} = 3.14 \times 0.12 \times 0.1$$

$$A_{tm} = 0.03 \text{ m}^2$$

Entonces el área de salida del producto esta determinado por el área ocupada por los agujeros de la malla ($\phi = 0.75$), que por especificaciones técnicas es del 35 % del área total.

$$\text{Área de salida} = 0.0105 \text{ m}^2$$

El área de salida del producto es de 0.0105 m^2 . por lo tanto el área de ingreso debe ser menor. Por recomendación de normas técnicas para diseño y construcción de equipos para la molienda, se opta por reducir el área de ingreso en un 30 % siendo este de 0.003 m^2 . con el que se optimiza el proceso de molienda.

b.2 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA LA TRITURACIÓN

La potencia del motor requerido para la reducción de tamaño de la materia prima esta en función del flujo de alimentación*^a, para el que se ha identificado el diámetro inicial de los granos de quinua y el diámetro final del producto triturado. La potencia requerida para la trituración esta calculado mediante la ecuación (3.18), para el cual tenemos los siguientes datos:

$$P = ?$$

$$T = 0.0156 \text{ Ton/min}$$

$$D_p = 2.5 \text{ mm } (7.21 \times 10^{-3} \text{ pies})$$

$$D_f = 0.75 \text{ mm } (2.46 \times 10^{-3} \text{ pies})$$

$$E_i = 5.5$$

Sustituyendo datos en la ecuación (3.18), se tiene:

$$\frac{P}{0.0156} = 1.46 (5.5) \left(\frac{1}{\sqrt{2.46 \times 10^{-3}}} - \frac{1}{\sqrt{7.21 \times 10^{-3}}} \right)$$

$$P = 1.05 \text{ } 1 \text{ hp}$$

*^a El flujo de alimentación esta calculado para una carga de materia prima de 1.3 kg por un tiempo máximo de 5 minutos

*^b Es adimensional y aproximado.

El tamaño de alimentación del producto esta referido al diámetro promedio de los granos de quinua, para el tamaño del producto final se ha considerado el diámetro de abertura de la malla. El índice de trabajo E_i considerado es de 5.5^{*b} dato aproximado que ha sido recopilado de trabajos relacionados a la construcción de equipos de molienda, puesto que no existen datos precisos para cereales. Por lo tanto el motor que se utiliza para accionar el molino de martillos es de 1 Hp. siendo este un cálculo aproximado produciendo eficiencias reales de 0.1 % al 0.2 % puesto que no existen teorías o leyes que se hayan postulado para predecir las necesidades de potencia en la reducción de tamaño Geankoplis, (1998).

4.2 RESULTADOS DE LOS CONTROLES DE FABRICACION DEL EQUIPO

Los controles de fabricación se centraron en la olla enchaquetada para detectar la posible presión interna que podría generar el aceite contenida en el interior de la chaqueta al ser sometido a altas temperaturas para tal efecto se utilizó un manómetro para medir la presión interna que se genera en la chaqueta. Al incrementar la temperatura del aceite a 200 °C no se registro variación alguna en la presión manométrica del manómetro el cual demuestra que el aceite de motor no genera presión interna en el interior de la chaqueta ($p < 0 \text{ Kg/cm}^2$).

4.3 RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA

El balance de materia se aplicó con la finalidad de analizar y comparar los parámetros en rendimiento y tiempo de proceso en la obtención del Sucedáneo de leche a partir de quinua entre un proceso artesanal y un proceso con extractor para el que se realizó cinco repeticiones para cada método, cabe mencionar que para el balance de materia se ha considerado la equivalencia en pesos del agua y quinua el que implica que 1 kilogramo de quinua es equivalente a 1 litro de agua. Los resultados son el promedio de cada método los cuales se muestran a continuación.

4.3.1 BALANCE DE MATERIALES EN EL PROCESO ARTESANAL

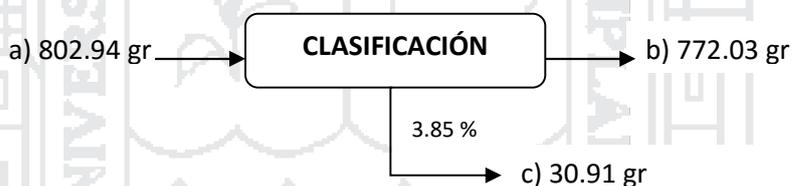
A) BALANCE DE MATERIALES EN LA RECEPCION

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua 802.94 gr
- II Materia que sale del Sistema
 - b) quinua 802.94 gr



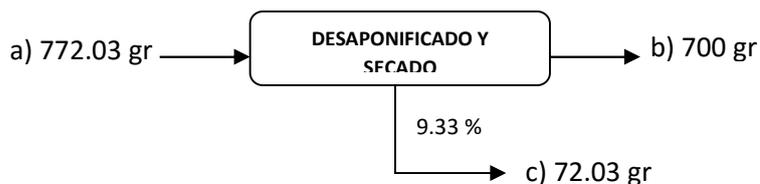
B) BALANCE DE MATERIALES EN LA CLASIFICACION

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua 802.94 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) quinua clasificada 772.03 gr
 - c) pérdida (materiales extraños) 30.91 gr



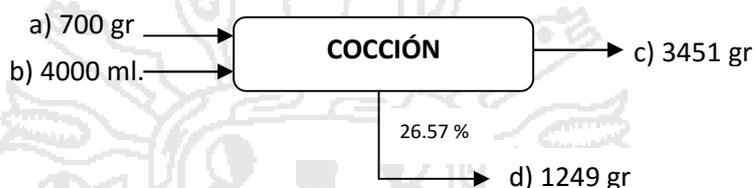
C) BALANCE DE MATERIALES EN LA DESAPONIFICACIÓN Y SECADO

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua clasificada 772.03 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) quinua desaponificada 700.00 gr
 - c) pérdida por desaponificación 72.03 gr



D) BALANCE DE MATERIALES EN LA COCCIÓN

I Materia que entra al sistema	
a) quinua seca	700.00 gr
b) agua	4000.00 ml
II Materia que sale del sistema	
c) quinua cocida	3451.00 gr
d) pérdida por evaporación	1249.00 gr



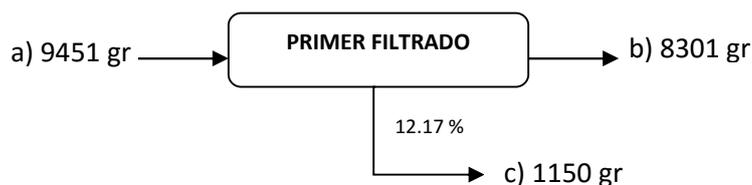
E) BALANCE DE MATERIALES EN EL TRITURADO (LICUADO)

I Materia que entra al sistema	
a) quinua cocida	3451.00 gr
b) agua	6000.00 ml
II Materia que sale del sistema	
c) quinua triturado	9451.00 gr



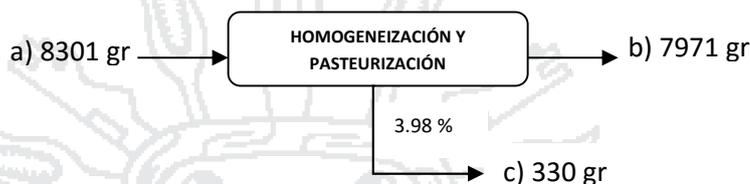
F) BALANCE DE MATERIALES EN EL PRIMER FILTRADO

I Materia que entra al sistema	
a) quinua triturado	9451.00 gr
II Materia que sale del sistema	
b) quinua filtrada	8301.00 gr
c) torta	1150.00 gr



G) BALANCE DE MATERIALES EN LA HOMOGENEIZACIÓN Y PASTEURIZACIÓN

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua filtrada 8301.00 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) quinua pasteurizada 7971.00 gr
 - c) pérdida por evaporación 330.00 gr



H) BALANCE DE MATERIALES EN EL SEGUNDO FILTRADO

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua pasteurizada 7971.00 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) quinua filtrada 7970.60 gr
 - c) torta 0.40 gr



I) BALANCE DE MATERIALES EN ENVASADO

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua pasteurizada 7970.60 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) Sucedáneo de leche de quinua 7970.60 gr



J) BALANCE DE MATERIALES EN ALMACENADO

- I Materia que entra al sistema
 - a) Sucedáneo de leche de quinua 7970.60 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) Sucedáneo de leche de quinua 7970.60 gr



4.3.2 BALANCE DE MATERIALES EN EL PROCESO CON EXTRACTOR

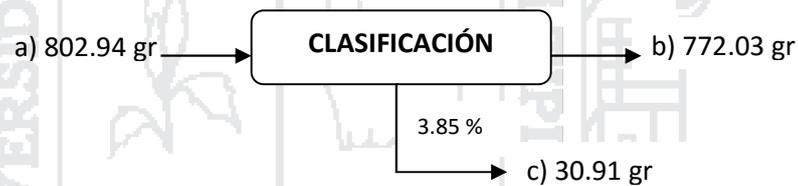
A) BALANCE DE MATERIALES EN LA RECEPCION

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua 802.94 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) quinua 802.94 gr



B) BALANCE DE MATERIALES EN LA CLASIFICACION

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua 802.94 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) quinua clasificada 772.03 gr
 - c) pérdida (materiales extraños) 30.91 gr



C) BALANCE DE MATERIALES EN LA DESAPONIFICACION Y SECADO

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua clasificada 772.03 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) quinua desaponificada 700.00 gr
 - c) pérdida (saponina) 72.03 gr

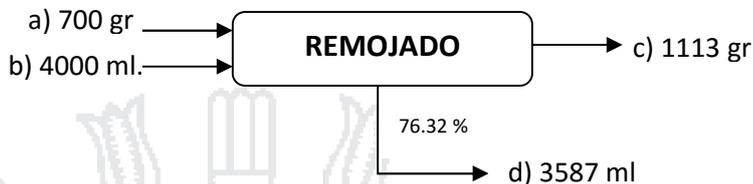


F) BALANCE DE MATERIALES EN EL REMOJADO

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua 700.00 gr
 - b) agua 4000.00 ml

II Materia que sale del sistema

- c) quinua hidratada 1113.00 gr
- d) pérdida de agua 3587.00 ml



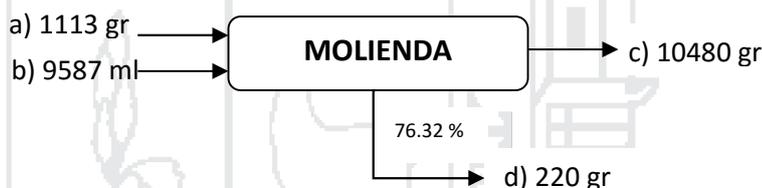
G) BALANCE DE MATERIALES EN LA MOLIENDA

I Materia que entra al sistema

- a) quinua hidratada 1113.00 gr
- b) agua 9587.00 ml

II Materia que sale del sistema

- c) quinua triturado 10480.00 gr
- d) torta 220.00 gr



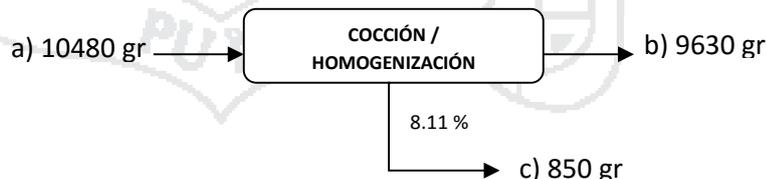
H) BALANCE DE MATERIALES EN LA COCCION / HOMOGENIZACION

I Materia que entra al sistema

- a) extracto quinua triturado 10480.00 gr

II Materia que sale del sistema

- b) extracto quinua cocida 9630.00 gr
- c) pérdida por evaporación 850.00 gr



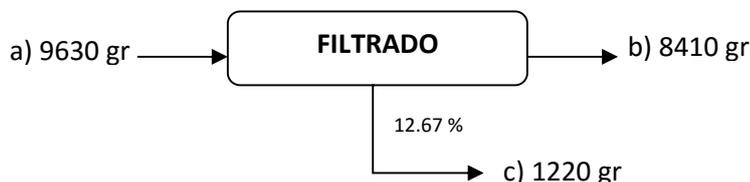
J) BALANCE DE MATERIALES EN EL FILTRADO

I Materia que entra al sistema

- a) extracto de quinua cocida 9630.00 gr

II Materia que sale del sistema

- b) quinua filtrada 8410.00 gr
- c) torta 1220.00 gr



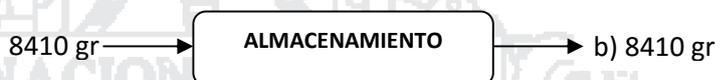
I) BALANCE DE MATERIALES EN EL ENVASADO

- I Materia que entra al sistema
 - a) quinua filtrada 8410.00 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) Sucedáneo de leche de quinua 8410.00 gr



K) BALANCE DE MATERIALES EN EL ALMACENAMIENTO

- I Materia que entra al sistema
 - a) Sucedáneo de leche de quinua 8410.00 gr
- II Materia que sale del sistema
 - b) Sucedáneo de leche de quinua 8410.00 gr

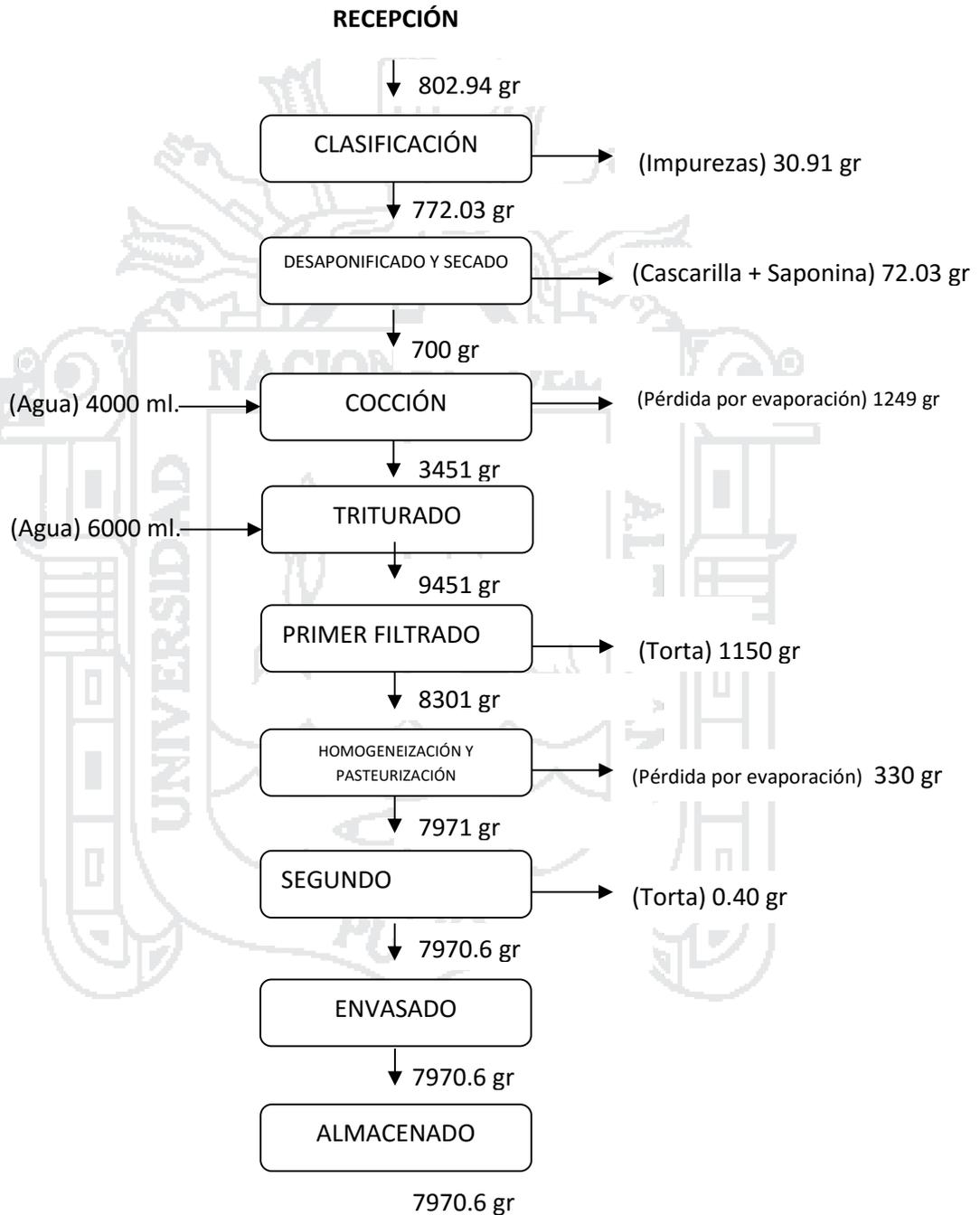


Del balance de materia efectuado se puede precisar que existe una diferencia de 440 gr* entre el proceso con extractor (PE = 8410 gr*), el proceso artesanal (PA = 7970 gr*), siendo el proceso con extractor el que presenta mayor rendimiento. La diferencia existente se debe a la pérdida de agua por evaporación a la que esta sujeta el proceso artesanal debido a que está expuesta a dos tratamientos térmicos los cuales son la cocción de la quinua antes de su trituración y posterior pasteurización que a diferencia del proceso con extractor el proceso de cocción y pasterización están en un solo proceso.

*El peso en gr es igual al volumen en ml (dicha relación se ha establecido de manera aproximada para el presente trabajo de investigación)

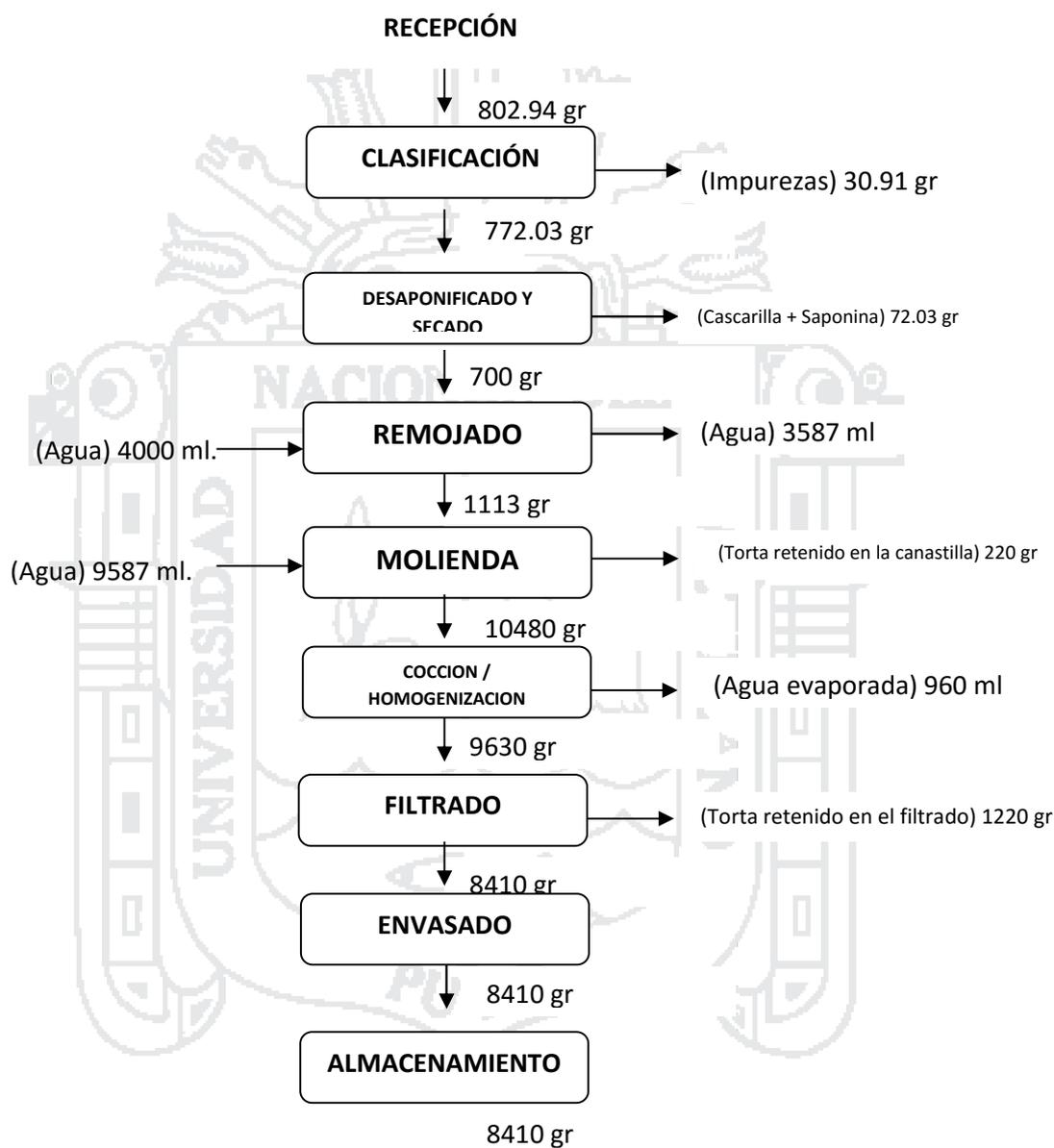
DIAGRAMA DE FLUJO

Fig. 18: Diagrama de flujo en el proceso artesanal (balance de materia)



Fuente: Elaboración propia en base al balance de materia (2009)

Fig. 19: Diagrama de flujo en el proceso con extractor (balance de materia)



Fuente: Elaboración propia en base al balance de materia (2009)

4.4 BALANCE DE ENERGÍA

El balance de energía está determinado por el intercambio de calor que se genera en el sistema debido a la diferencia de temperatura entre el sistema y los alrededores. Por convenio, el calor es positivo cuando entra al sistema y negativo cuando se transfiere hacia al exterior cuya determinación es realizada mediante cálculos con ecuaciones termodinámicas de transferencia de calor.

4.4.1 BALANCE DE ENERGÍA EN EL EQUIPO EXTRACTOR

La cantidad de calor total para el proceso esta establecido por la suma del calor total requerido para el tratamiento térmico más el calor perdido por el sistema el cual está calculado por la ecuación (3.22).

a) CÁLCULO DE CALOR REQUERIDO PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO DEL SUCEDÁNEO DE LECHE (Q_r)

El calor requerido para el tratamiento térmico es la suma de los calores requeridos para la materia prima y el calor requerido para calentar el aceite el cual se expresa en la ecuación (3.23).

a.1 CÁLCULO DE CALOR REQUERIDO PARA EL PRODUCTO

Para calcular el calor requerido para el producto se utilizó la ecuación (3.24), para fines de cálculo tomamos las propiedades de la leche cuyos valores se muestra en los (Anexos 01), para el análisis se considera 0.002 m^3 de materia prima por batch del cual se tiene:

$$Q_L = ?$$

$$m_1 = 20.6 \text{ kg}$$

$$C_{p1} = 3.852 \text{ kJ/ kg } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La masa del producto esta determinado en función de la densidad de la leche que se muestra en el (Anexo 01).

Reemplazando los datos en la ecuación (3.24).

$$Q_L = 20.6 \times 3.852 \times 70$$

$$Q_L = 5554.58 \text{ kJ}$$

Entonces la cantidad de calor requerido para elevar la temperatura de la leche es de 5554.58 kJ.

a.2 CÁLCULO DE CALOR REQUERIDO PARA EL ACEITE

El aceite utilizado en la camisa de la olla enchaquetada es el aceite de motor SAE 40 cuyas propiedades* se detallan en el (Anexo 05), la masa del aceite esta en función de su densidad y el volumen que ocupa este en el interior de la chaqueta (0.0169m^3). Para determinar el calor requerido para el aceite aplicamos la ecuación (3.25), los datos son:

$$Q_A = ?$$

$$m_2 = 15.075 \text{ kg}$$

$$C_{p2} = 1.88 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sustituyendo los datos en la ecuación (3.25).

$$Q_A = 15.075 \times 1.88 \times 70$$

Se tiene:

$$Q_A = 1983.87 \text{ kJ}$$

El calor requerido para el tratamiento térmico (Q_R), será la suma del calor requerido para la leche y el calor requerido para el aceite (Q_L y Q_A), cuyo resultado tiene que ser dividido entre el tiempo de proceso para

* La lectura de la temperatura para el aceite es a $20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

obtener un flujo. El tiempo que lleva en incrementar la temperatura de 15° a 85° C es de 1.37 horas, cuyo valor es obtenido de manera experimental controlando el tiempo de proceso en la maquina, reemplazando los valores obtenidos en la ecuación (3.25), se obtuvo:

$$Q_R = (5554.5 + 1983.87)/1.37$$

$$Q_R = 5502.45 \text{ kJ/h} \quad \mathbf{1528.58 \text{ W}}$$

Como resultado se observa que el aceite de motor requiere menos calor (1983.87 kJ), a comparación del producto (5554.5 kJ), a tratar con el que se confirma lo mencionado por Brennan, (1998).

a.3 PÉRDIDAS DE CALOR EN LA OLLA ENCHAQUETADA

a.3.1 PÉRDIDA DE CALOR EN LA PARTE SUPERIOR DE LA OLLA

La pérdida de calor en la parte superior de olla esta referido al flujo de calor que es disipado por la tapa de la olla al medio exterior, para la determinación del calor perdido hacemos uso de la ecuación (3.26).

Datos:

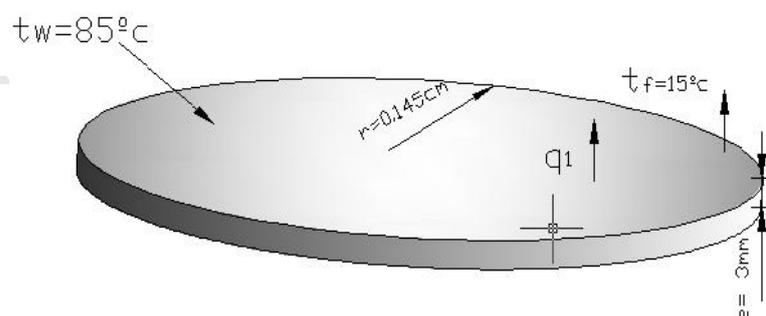
$$q_1 = ? \text{ (W)}$$

$$h = ? \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°K)}$$

$$A = 0.066 \text{ m}^2$$

$$T_w = 85 \text{ °C}$$

$$T_f = 15 \text{ °C}$$



El coeficiente convectivo de transferencia de calor h está en relación con los números adimensionales de Reynolds, Prandtl y Nusselt, las propiedades

del aire está en función de la temperatura, determinado por la ecuación (3.30), para el que se tiene los siguientes datos:

t_f = temperatura de la película de la placa ($^{\circ}\text{C}$)

t_i = 85°C

t_s = 15°C

$$t_f = \frac{85 + 15}{2}$$

Por lo tanto $t_f = 50^{\circ}\text{C} = 323^{\circ}\text{K}$

Entonces de la tabla (Anexo 06), las propiedades del aire a 323°K son:

$$\rho = 1.09 \text{ kg/m}^3$$

$$N_{pr} = 0.7035$$

$$K = 0.028 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$$

$$\beta = 3.085 \times 10^{-3} / ^{\circ}\text{K}$$

$$\mu = 1.965 \times 10^{-5} \text{ kg/m seg}$$

Para determinar el número de Grashof (N_{gr}), se tiene los siguientes datos:

$$N_{gr} = ?$$

$$L = 0.29 \text{ m}$$

$$\rho = 1.09 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.806 \text{ m/seg}$$

$$\beta = 3.085 \times 10^{-3} / ^{\circ}\text{K}$$

$$\mu = 1.965 \times 10^{-5} \text{ kg/m seg}$$

$$T = 70^{\circ}\text{K}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (3.28) se tiene:

$$N_{gr} = \frac{(0.29)^3 (1.09)^2 (9.806) (3.085 \times 10^{-3}) (70)}{(1.965 \times 10^{-5})^2}$$

$$N_{gr} = 1.58 \times 10^8$$

$$\text{Por tanto } N_{gr} \times N_{pr} = 1.58 \times 10^8 \times 0.7035 = 1.11 \times 10^8$$

Por ser $N_{gr} \times N_{pr} < 10^9$ en base a la tabla (Anexo 07 y 08), para planos cuadrados mirando hacia arriba tenemos:

$$N_u = a(N_{gr} \times N_{pr})^b$$

Donde:

$$a = 0.54$$

$$b = 0.25$$

$$\text{Entonces } Nu = 0.54 (1.11 \times 10^8 \times 0.7035)^{0.25} = 55.44$$

Para hallar el valor de h reemplazamos los valores encontrados en la ecuación (3.27), cuyo resultado se expresa a continuación.

$$h = \frac{55.44 \times 0.02 \text{E}}{0.9106} = 1.7047 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$$

Entonces la pérdida de calor en la parte superior de la olla se calcula mediante la ecuación (3.26), para el cual reemplazando valores tenemos.

$$q_1 = 1.7047 \times 0.066 \times 70$$

$$q_1 = 7.876 \text{ W}$$

El calor perdido por la tapa de la olla al exterior es por convección natural el cual justifica la utilización de las propiedades del aire a presión atmosférica.

a.3.2 PÉRDIDA DE CALOR EN LA PARED SUPERIOR DE LA OLLA

El calor disipado al medio exterior por la parte que no es ocupada por el aceite se calcula mediante la ecuación (3.31), para el cual se calcula la media logarítmica del área que es objeto de análisis en el sistema mediante la ecuación (3.32), asimismo es necesario calcular el coeficiente convectivo de transferencia de calor en el interior y exterior de la olla. Los datos iniciales para el análisis respectivo son:

$$q_2 = ?$$

$$t_1 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_4 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$r_1 = 0.145 \text{ m}$$

$$r_2 = 0.146 \text{ m}$$

$$r_3 = 0.1866 \text{ m}$$

$$r_4 = 0.1896 \text{ m}$$

$$K_A = 16.3 \text{ W/m }^\circ\text{K}$$

$$K_B = 0.0251 \text{ W/m }^\circ\text{K}$$

$$K_C = 18.9 \text{ W/m }^\circ\text{K}$$

$$A_{ALm} = 0.2197 \text{ m}^2$$

$$A_{BLm} = 0.2498 \text{ m}^2$$

$$A_{CLm} = 0.2834 \text{ m}^2$$

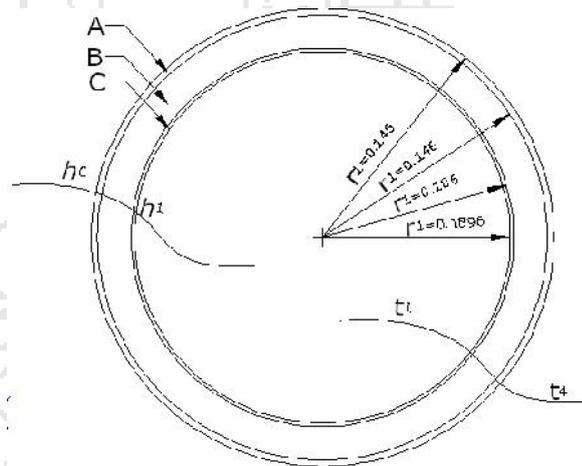
$$A_0 = 0.2857 \text{ m}^2$$

$$h_0 = ?$$

$$A_1 = 0.2185 \text{ m}^2$$

$$h_1 = ?$$

Las conductividades térmicas de los materiales (K_B , K_A y K_C), se han considerado de acuerdo al tipo de material cuyos valores se encuentran en los anexos correspondientes.



a.3.2.1 CÁLCULO DEL COEFICIENTE CONVECTIVO DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL EXTERIOR DE LA OLLA (h_0)

Para determinar el coeficiente convectivo de transferencia de calor h_0 en la parte externa de la olla se ha utilizado los números adimensionales de Reynolds, Prandtl y Nusselt, para ello las propiedades del aire están en función de la ecuación (3.30).

Datos:

$$t_f = ?$$

$$t_i = 85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_s = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Sustituyendo valores se obtiene:

$$t_f = \frac{85 + 15}{2}$$

$$t_f = 50 \text{ }^\circ\text{C} \quad 323 \text{ }^\circ\text{K}$$

Entonces de la tabla (Anexo 03), las propiedades del aire a 323 °K son:

$$= 1.09 \text{ kg/m}^3$$

$$N_{pr} = 0.7035$$

$$K = 0.028 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$= 3.085 \times 10^{-3} / \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\mu = 1.965 \times 10^{-5} \text{ kg/m seg}$$

Para determinar el número de Grashof (N_{gr}), los datos son:

$$N_{gr} = ?$$

$$L = 0.24 \text{ m}$$

$$= 1.09 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.806 \text{ m/seg}$$

$$= 3.085 \times 10^{-3} / ^\circ\text{K}$$

$$\mu = 1.965 \times 10^{-5} \text{ kg/m seg}$$

$$T = 70 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Reemplazando en la ecuación (3.28), tenemos:

$$N_{gr} = \frac{(0.24)^3 (1.09)^2 (9.806) (3.085 \times 10^{-3}) (70)}{(1.965 \times 10^{-5})^2}$$

$$N_{gr} = 9.00 \times 10^8$$

$$\text{Por lo tanto } N_{gr} \times N_{pr} = 9.00 \times 10^8 \times 0.7035 = 6.33 \times 10^8$$

Analizando se tiene que $N_{gr} \times N_{pr} < 10^9$ en base a la tabla (Anexo 07 y 08), para planos cuadrados mirando hacia arriba se determina que:

$$N_u = a(N_{gr} \times N_{pr})^b$$

Donde:

$$a = 0.47$$

$$b = 0.25$$

$$\text{Entonces } Nu = 0.47 (6.33 \times 10^8 \times 0.7035)^{0.25} = 68.28$$

Para determinar el coeficiente convectivo de transferencia de calor en el exterior de la olla (h_o), reemplazamos los valores encontrados en la ecuación (3.27), del que se obtiene el siguiente resultado.

$$h_o = \frac{68.28 \times 0.028}{0.24}$$

$$h_o = 7.966 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

a.3.2.2 CÁLCULO DEL COEFICIENTE CONVECTIVO DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL INTERIOR DE LA OLLA (h_1)

El coeficiente convectivo de transferencia de calor en el interior de la olla se determinó con las correlaciones para el coeficiente de transferencia de calor entre líquidos newtonianos agitados en el interior de un recipiente el cual esta expresado en la ecuación (3.33), cuyos valores son:

Datos:

$$h_1 = ?$$

$$D_i = 0.29 \text{ m}$$

$$K = 16.3 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$$

$$D_a = 0.27 \text{ m}$$

$$N = 1.762 \text{ rev/seg}$$

$$= 1030 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 2.12 \times 10^3 \text{ Pa. seg}$$

$$\mu_w = 1.26 \times 10^3 \text{ Pa. seg}$$

$$C_p = 3.852 \text{ kCal / Kg } ^\circ\text{K}$$

Los parámetros a, b y m dependen del tipo de agitador utilizado y del modulo de Reynolds los cuales se encuentran en la tabla (Anexo 09).

$$a : 0.36$$

$$b : 2/3$$

$$m : 0.21$$

Reemplazando valores en la ecuación (3.33), se obtiene:

$$\frac{h_1 \cdot 0.29}{16.3} = 0.36 \left[\frac{(0.27)^2 \times 1.762 \times 1030}{2.12 \times 10^3} \right]^{2/3} \left[\frac{3.852 \times 2.12 \times 10^3}{16.3} \right]^{1/3} \left[\frac{2.12 \times 10^3}{1.26 \times 10^3} \right]^{0.21}$$

El coeficiente convectivo de transferencia de calor en el interior de la olla es:

$$h_1 = 28.156 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}.$$

Reemplazando los valores obtenidos encontrados en la ecuación (3.31), se tiene:

$$q_2 = \frac{85-15}{\frac{(0.146-0.145)}{16.3 \times 0.2197} + \frac{(0.186-0.146)}{0.025 \times 0.2498} + \frac{(0.189-0.186)}{19.9 \times 0.283} + \frac{1}{7.966 \times 0.2857} + \frac{1}{28.156 \times 0.2185}}$$

$q_2 = 9.988 \text{ W}$

La pérdida de calor en la parte superior de la olla es de $q_2 = 9.988 \text{ W}$, el cual relaciona los coeficientes convectivos de transferencia de calor los mismos que son diferentes en el interior y en el exterior del equipo.

a.3.3. PÉRDIDA DE CALOR EN LA PARED INFERIOR DE LA OLLA

Ocurre en la sección del cilindro que es ocupado por el aceite cuya determinación se realiza aplicando la ecuación (3.34), para dicho análisis se tiene los siguientes datos:

$q_3 = ?$

$t_1 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_4 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

$r_1 = 0.145 \text{ m}$

$r_2 = 0.146 \text{ m}$

$r_3 = 0.1866 \text{ m}$

$r_4 = 0.1896 \text{ m}$

$K_A = 16.3 \text{ W/m }^\circ\text{K}$

$K_B = 0.138 \text{ W/m }^\circ\text{K}$

$K_C = 18.9 \text{ W/m }^\circ\text{K}$

$A_{ALm} = 0.1373 \text{ m}^2$

$A_{BLm} = 0.1561 \text{ m}^2$

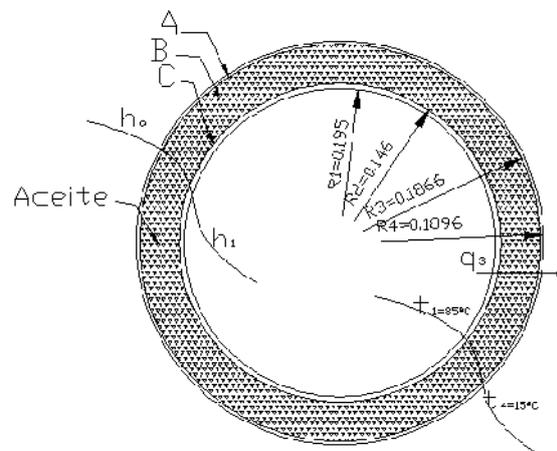
$A_{CLm} = 0.1771 \text{ m}^2$

$A_0 = 0.25 \text{ m}^2$

$h_0 = ?$

$A_1 = 0.22765 \text{ m}^2$

$h_1 = 28.156 \text{ W/m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{K}$



Las propiedades térmicas de los materiales (K_B , K_A y K_C), se han considerado de acuerdo al tipo de material que es objeto de análisis cuyos valores se encuentran en los anexos correspondientes.

Para calcular el coeficiente convectivo de transferencia de calor h_0 en la parte externa de la olla se utilizó los números adimensionales de Reynolds, Prandtl y Nusselt, las propiedades del aire están en función de la temperatura determinada por la ecuación (3.30).

Datos:

$$t_f = ? \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_i = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_s = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_f = \frac{85 + 15}{2}$$

Por tanto $t_f = 50 \text{ } ^\circ\text{C} \quad 323 \text{ } ^\circ\text{K}$

Entonces de la tabla (Anexo 06), las propiedades del aire a 323 °K son:

$$= 1.09 \text{ kg/m}^3$$

$$N_{pr} = 0.7035$$

$$K = 0.028 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{K}$$

$$= 3.085 \times 10^{-3} / \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\mu = 1.965 \times 10^{-5} \text{ kg/m seg}$$

Para determinar el número de Grashof (N_{gr}), los valores son los siguientes:

$$N_{gr} = ?$$

$$L = 0.25 \text{ m}$$

$$= 1.09 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.806 \text{ m/seg}$$

$$= 3.085 \times 10^{-3} / \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\mu = 1.965 \times 10^{-5} \text{ kg/m seg}$$

$$T = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (3.28), se obtiene:

$$N_{gr} = \frac{(0.25)^3 (1.09)^2 (9.806) (3.085 \times 10^{-3}) (70)}{(1.965 \times 10^{-5})^2}$$

$$N_{gr} = 10.18 \times 10^8$$

$$\text{Por tanto } N_{gr} \times N_{pr} = 10.18 \times 10^8 \times 0.7035 = 7.162 \times 10^8$$

Por ser $N_{gr} \times N_{pr} < 10^9$ en base a la tabla (Anexo 07 y 08), para planos cuadrados mirando hacia arriba se debe considerar que:

$$Nu = a(N_{gr} \times N_{pr})^b$$

Donde:

$$a = 0.47$$

$$b = 0.25$$

$$\text{Entonces } Nu = 0.47 (7.162 \times 10^8 \times 0.7035)^{0.25} = 70.42$$

Para calcular el valor de h_0 reemplazamos los valores encontrados en la ecuación (3.27), del cual se tiene:

$$h_0 = \frac{70.42 \times 0.028}{0.25}$$

$$h_0 = 7.88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$$

El coeficiente convectivo de transferencia de calor h_0 en la parte externa de la olla es de $7.88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$, el coeficiente convectivo en el interior es el mismo para todo el sistema el cual se estimó según la ecuación (3.33).

$$(h_1 = 28.156 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}).$$

Reemplazando datos en la ecuación (3.34), se tiene como resultado:

$$q_3 = \frac{85-15}{\frac{(0.146-0.145)}{16.3 \times 0.2197} + \frac{(0.186-0.146)}{0.025 \times 0.2498} + \frac{(0.189-0.186)}{19.9 \times 0.283} + \frac{1}{7.88 \times 0.1757} + \frac{1}{28.156 \times 0.2276}}$$

$$q_3 = 9.609 \text{ W}$$

El análisis realizado determina que la pérdida de calor en la parte lateral inferior de la olla enchaquetada es de 9.609 W. Para cuyo análisis se ha identificado la pérdida de calor por conducción y convección en el sistema identificándose así el coeficiente convectivo de transferencia de calor en el interior y exterior de la olla.

a.3.4 PÉRDIDA DE CALOR EN LA BASE DE LA OLLA

La pérdida de calor en la base de la olla es por conducción y convección cuyo cálculo se realiza mediante la ecuación (3.36), los datos obtenidos para el cálculo son:

$$q_4 = ?$$

$$t_1 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_4 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$K_A = 16.3 \text{ W/m }^\circ\text{K}$$

$$K_B = 0.135 \text{ W/m }^\circ\text{K}$$

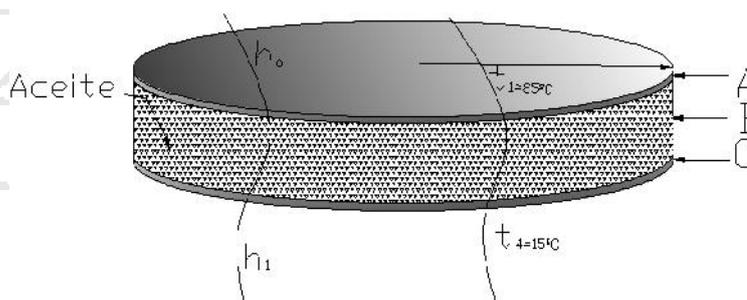
$$K_C = 18.9 \text{ W/m }^\circ\text{K}$$

$$x_A = 0.0016 \text{ m}$$

$$x_B = 0.1 \text{ m}$$

$$x_C = 0.003 \text{ m}$$

$$A_1 = 0.066 \text{ m}^2$$



$$A_2 = 0.1074 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 0.1074 \text{ m}^2$$

$$A_0 = 0.1074 \text{ m}^2$$

$$h_0 = ?$$

$$A_1 = 0.066 \text{ m}^2$$

$$h_1 = 28.156 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$$

Para determinar el coeficiente convectivo de transferencia de calor h_0 en la parte inferior externa de la olla se usó los números adimensionales de Reynolds, Prandtl y Nusselt, para el análisis se tomaron las propiedades del aire que están establecidas en función de la ecuación (3.30). Los valores de la conductividad térmica (K_A , K_B y K_C), se han obtenido en base a tablas anexas tal como sigue:

$$t_f = \text{°C}$$

$$t_i = 85 \text{ °C}$$

$$t_s = 15 \text{ °C}$$

$$t_f = \frac{85 + 15}{2}$$

$$\text{Por lo tanto } t_f = 50 \text{ °C} \quad 323 \text{ °K}$$

Entonces de la tabla (Anexo 06), las propiedades del aire a 323 °K son:

=

$$= 1.09 \text{ kg/m}^3$$

$$N_{pr} = 0.7035$$

$$K = 0.028 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$= 3.085 \times 10^{-3} / ^\circ\text{K}$$

$$\mu = 1.965 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{seg}$$

Para determinar el número de grashof (N_{gr}), los datos son:

$$N_{gr} = ?$$

$$L = 0.1074 \text{ m}$$

$$= 1.09 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.806 \text{ m/seg}$$

$$= 3.085 \times 10^{-3} / ^\circ\text{K}$$

$$\mu = 1.965 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{seg}$$

$$T = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Reemplazando en la ecuación (3.28), tenemos:

$$N_{gr} = \frac{(0.1074)^3 (1.09)^2 (9.806) (3.085 \times 10^{-3}) (70)}{(1.965 \times 10^{-5})^2}$$

$$N_{gr} = 8.072 \times 10^6$$

$$\text{Por lo tanto } N_{gr} \times N_{pr} = 8.072 \times 10^6 \times 0.7035 = 5.67 \times 10^6$$

Por ser $N_{gr} \times N_{pr} < 10^9$ en base a la tabla (Anexo 07 y 08), para placas calentadas hacia abajo se tiene:

$$N_u = a(N_{gr} \times N_{pr})^b$$

Donde:

$$a = 0.47$$

$$b = 0.25$$

Entonces $Nu = 0.47 (8.072 \times 10^6 \times 0.7035)^{0.25} = 26.35$

Para determinar el valor de h reemplazamos los valores encontrados en la ecuación (3.27).

$$h = \frac{26.35 \times 0.028}{0.1074}$$

$$h = 6.8696 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$$

El coeficiente convectivo en el interior de la olla es $h_i = 28.156 \text{ W/m}^2$.

Reemplazando datos en la ecuación (3.36), tenemos:

$$q_4 = \frac{85 - 15}{\frac{0.0016}{16.3 \times 0.066} + \frac{0.1}{0.135 \times 0.1074} + \frac{0.003}{18.9 \times 0.1074} + \frac{1}{6.869 \times 0.1074} + \frac{1}{28.156 \times 0.066}}$$

$$q_4 = 7.960 \text{ W}$$

El calor disipado por la base de la olla es de 7.960 W, cabe mencionar que para el análisis se ha considerado la transferencia de calor por conducción y convección despreciándose la transferencia de calor por radiación.

b) CALOR PERDIDO POR EL EQUIPO

El calor total perdido (Q_p), por el sistema hacia el medio exterior es la suma de:

$$Q_P = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Los cuales representan las pérdidas de calor que se generan en el sistema, cuyos datos obtenidos son:

$$q_1 = 7.876 \text{ W}$$

$$q_2 = 9.988 \text{ W}$$

$$q_3 = 9.609 \text{ W}$$

$$q_4 = 7.960 \text{ W}$$

$$\text{Entonces } Q_P = 35.433 \text{ W}$$

La cantidad de calor aproximado que requiere la maquina para un procesado térmico se calcula mediante la ecuación (3.22).

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación mencionada tenemos:

$$Q_T = 1528.58 + 35.433$$

$$Q_T = 1564 \text{ W}$$

Como resultado se tiene que la cantidad de calor requerido para el equipo en un proceso de 20 litros por batch es de 1564 W el cual implica que la capacidad del quemador a ser usado debe tener una capacidad mayor al calor total obtenido ($Q_T = 1564 \text{ W}$), por lo cual se resuelve la utilización de un quemador de 2820 W de capacidad.

c) EFICIENCIA DEL EQUIPO CON RESPECTO AL CALOR

La eficiencia del equipo se determinó por la relación calor requerido para el proceso y la cantidad de calor total que es suministrado al equipo:

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{Q_R}{Q_T} \times 100$$

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{1528.58}{1564} \times 100$$

- **EFICIENCIA (%) = 97.73 %**

Como resultado de la eficiencia teórica determinada se demuestra que el equipo tiene una pérdida de calor al exterior del 2.2 %, en condiciones de altitud de la planta piloto siendo eficiente en un 97.7 % con lo que concluye que existe una adecuada distribución del calor en el equipo extractor.

4.5 RESULTADO DE EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN TIEMPO Y RENDIMIENTO

Para la evaluación de los tratamientos en tiempo y rendimiento se ha establecido una temperatura límite de 86 °C por 15 minutos para la pasteurización, el cual esta en función del punto de ebullición del Sucedáneo de leche. Los resultados obtenidos en la prueba experimental de la evaluación, con respecto al tiempo y rendimiento, cuyos datos se obtuvieron del balance de materia, resolviendo con el DCA, para dos tratamientos con cinco repeticiones por tratamiento, desarrollando los resultados que se expresan en las siguientes tablas:

a.- TIEMPO

TABLA 05: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL TIEMPO DE PROCESO

F. De V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	F = 0.05	Sig.
Tratamientos	1	3496.90	3496.90	137.67	5.32	*
Error experimental	8	203.20	25.40			
Total	9	3700.10				

Coefficiente de variabilidad = 4.36 %

Media del tiempo = 116

TABLA 06: PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DE DUNCAN PARA EL TIEMPO DE PROCESO

TRATAMIENTO	Nº	PROM	DUNCAN (P<0.05)
PA	5	134	a
PE	5	97	b

Donde:

PA: Proceso artesanal.

PE: Proceso con extractor.

En la tabla 05 se observa que con $\alpha = 0.05$, existe diferencia significativa entre los tratamientos, con respecto al tiempo de proceso de 10 litros de Sucedáneo de leche vegetal de quinua. La prueba de comparaciones de Duncan se muestra en la tabla 06 en el cual se observa que los tratamientos (PA y PE), son diferentes presentando el menor tiempo en proceso (97 min), el proceso con extractor (PE), a comparación del proceso artesanal (PA), (134 min), del cual se concluye que el menor tiempo es el mejor, por factores de costo-tiempo.

La diferencia existente entre ambos procesos en el tiempo empleado para la obtención Sucedáneo de leche a partir de quinua se debe a la forma en que se lleva el proceso. En el extractor se sistematiza las operaciones realizadas en un proceso artesanal, el mayor tiempo (134 min), empleado en el proceso artesanal esta relacionado al flujo de proceso en la que se identifica dos tratamientos térmicos, la cocción y la pasteurización, los cuales demandan un mayor tiempo.

b.- RENDIMIENTO**TABLA 07: ANÁLISIS DE VARIANCIA DEL RENDIMIENTO EN EL PROCESO**

F. De V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	F _{=0.05}	Sig.
Tratamientos	1	484000.00	484000.00	24.26	5.32	*
Error experimental	8	159600.00	19950.00			
Total	9	643600.00				

Coefficiente de variabilidad = 1.72 %

Media del tiempo = 8190

TABLA 08: PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DE DUNCAN PARA EL RENDIMIENTO EN EL PROCESO

TRATAMIENTO	Nº	PROM	SIGNIFICANCIA
PE	5	8410.00	a
PA	5	7970.00	b

Donde:

PA: Proceso artesanal.

PE: Proceso con extractor.

En la tabla 07 con un punto $\alpha = 0.05$, se observa que existe diferencia significativa entre los dos tratamientos, con respecto al rendimiento en el proceso de 10 litros de Sucedáneo de leche, en la tabla 08 con ajuste de los datos mediante la prueba de comparaciones de Duncan con $\alpha = 0.05$, se observa que existe diferencias significativas también se puede observar, con el extractor (PE), se obtiene un mejor rendimiento de 8410 ml de Sucedáneo de leche vegetal en comparación al proceso artesanal (PA), que se obtuvo 7970 ml de Sucedáneo de leche, siendo el mejor en rendimiento el proceso con extractor (PE).

La diferencia existente en el rendimiento entre ambos procesos esta relacionado a la pérdida de agua por efecto de la evaporación que es de 1650 gr. en el proceso artesanal (PA) y 960 gr. en el proceso con extractor (PE), cuyos valores se calcularon en el balance de materia, la pérdida que presenta el proceso artesanal esta relacionado al tratamiento térmico a la que esta sometido el cual se da en dos etapas primero para la cocción de la materia prima seguido de la pasteurización.

4.6 RESULTADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL

Los resultados a los que se llegaron después de la prueba experimental de la evaluación sensorial referido a las características organolépticas los cuales se resolvieron con el método de Friedman y múltiples comparaciones entre el producto obtenido con el extractor y el proceso artesanal en la obtención de Sucedáneo de leche a partir de quinua, comparados con una muestra testigo, que viene a ser la leche de vaca, considerándose a los tres como tratamientos (PE, PA y PT), siendo sometidas a la prueba respectiva, para determinar si existe diferencia o no entre los tratamientos.

A continuación se detallan los resultados para cada atributo, en base a la metodología planteada para el estudio:

Aplicación del método de Friedman y múltiples comparaciones.

Planteamiento de hipótesis:

H_p. No existe diferencia entre las K muestras.

H_a: Hay diferencia entre las K muestras.

Para el análisis respectivo se trabajo con $\alpha = 0.05$.

Si $T_2 \leq F_{(0.95, 2, 28)} = 3.34$ Se acepta la H_0 .

Si $T_2 > F_{(0.95, 2, 28)} = 3.34$ Se rechaza la H_0 .

Del análisis efectuado se tiene como resultado:

a) COLOR.

Se tiene el estadístico de prueba de:

$T_2 = 36.806$

Se concluye que existe evidencia significativa para rechazar la H_0 con $\alpha = 0.05$, debido a que $T_2 > F$, lo cual nos indica que al menos una de las tres muestras no es similar a las demás, afirmándose que las muestras presentan diferencias significativas en el color.

Aplicando múltiples comparaciones.

Se tiene.

$F = 6.095$

Criterios de decisión.

Si $|R_i - R_j| > 6.095$ se rechaza la H_0 .

Si $|R_i - R_j| < 6.095$ se acepta la H_0 .

Ordenando

R3	41	=	PT
R2	33	=	PE
R1	16	=	PA

Diferencias totales

<u>Diferencias totales</u>		<u>Valores críticos de Friedman</u>	
$[R_3 - R_2]$	8	6.095	<i>significativo</i>
$[R_3 - R_1]$	25	6.095	<i>significativo</i>
$[R_2 - R_1]$	17	6.095	<i>significativo</i>

Del resultado entre las comparaciones realizadas de los tratamientos se puede observar que existen diferencias significativas entre las tres muestras analizadas con respecto al color, lo mencionado quiere decir que las tres muestras (PA, PE y PT), son diferentes siendo el mejor la muestra testigo seguido del producto obtenido con el extractor.

b) OLOR.

Se tiene el estadístico de prueba de:

$$T_2 = 5.44$$

Se concluye que existe evidencia significativa para aceptar la H_p con $\alpha = 0.05$ debido a que $T_2 > F$, lo cual nos indica que al menos una de las tres muestras no es similar a las demás, afirmándose que las muestras presentan diferencias significativas en el olor.

Aplicando múltiples comparaciones.

Se tiene.

$$F = 9.85$$

Criterios de decisión.

Si $[R_i - R_j] > 9.85$ se rechaza la H_p .

Si $[R_i - R_j] < 9.85$ se acepta la H_p .

Ordenando

R3	39	=	PT
R2	27	=	PE
R1	24	=	PA

Diferencias totales

<u>Diferencias totales</u>	<u>Valores críticos de Friedman</u>		
[R ₃ – R ₂]	12	9.852	<i>significativo</i>
[R ₃ - R ₁]	15	9.852	<i>significativo</i>
[R ₂ - R ₁]	3	9.852	<i>No significativo</i>

Del resultado entre las comparaciones realizadas de los tratamientos se puede observar que existen diferencias significativas entre la muestra testigo (PT) y las muestras artesanal y con extractor (PA, PE), no siendo significativo la diferencia entre el proceso artesanal (PA) y el proceso con extractor (PE), en conclusión se puede afirmar que la muestra testigo es diferente a las dos muestras analizadas con respecto al olor.

c) SABOR

Se tiene el estadístico de prueba de:

$$T_2 = 5.93$$

Se concluye que existe evidencia significativa para rechazar la H_0 con $\alpha = 0.05$ debido a que $T_2 > F$, lo cual nos indica que al menos una de las tres muestras no es similar a las demás, afirmándose que las muestras presentan diferencias significativas en el sabor.

Aplicando múltiples comparaciones.

Se tiene.

$$F = 9.73$$

Criterios de decisión.

Si $[R_i - R_j] > 9.73$ se rechaza la H_p .

Si $[R_i - R_j] < 9.73$ se acepta la H_p .

Ordenando

R3	39	=	PT
R2	28	=	PE
R1	23	=	PA

Diferencias totales

<u>Diferencias totales</u>	<u>Valores críticos de Friedman</u>		
$[R_2 - R_1]$	11	9.730	<i>Significativo</i>
$[R_2 - R_3]$	16	9.730	<i>Significativo</i>
$[R_1 - R_3]$	5	9.730	<i>No significativo</i>

Del resultado entre las comparaciones realizadas de los tratamientos se puede observar que existen diferencias significativas entre la muestra testigo (PT) y las muestras artesanal y con extractor (PA, PE), también se puede observar que no existe diferencia significativa entre el proceso artesanal (PA) y el proceso con extractor (PE), con respecto al sabor.

d) CONSISTENCIA.

Se tiene el estadístico de prueba de:

$$T_2 = 20.23$$

Se concluye que existe evidencia significativa para rechazar la H_p con $\alpha = 0.05$ debido a que $T_2 > F$, lo cual nos indica que al menos una de las tres muestras no es similar a las demás, afirmándose que las muestras presentan diferencias significativas en la consistencia.

Se tiene.

$$F = 7.425$$

Criterios de decisión.

Si $[R_i - R_j] > 7.425$ se rechaza la H_0 .

Si $[R_i - R_j] < 7.425$ se acepta la H_0 .

Ordenando

R1	41	=	PA
R2	31	=	PE
R3	18	=	PT

Diferencias totales

Diferencias totales	Valores críticos de Friedman		
$[R_1 - R_2]$	10	7.425	Significativo
$[R_1 - R_3]$	23	7.425	Significativo
$[R_2 - R_3]$	13	7.425	Significativo

Del resultado entre las comparaciones realizadas de los tratamientos se puede observar que existen diferencias significativas entre las tres muestras con respecto a la consistencia. Lo cual quiere decir que las tres muestras (PA, PE y PT) presentan diferencias significativas en la consistencia.

4.6.1 RESULTADOS DEL CONTROL DE CALIDAD

4.6.1.1 RESULTADOS DE LA EVALUACION FÍSICO - QUÍMICAS DEL PRODUCTO FINAL

Los resultados de la composición físico-química se muestran en el cuadro 03 cuyos resultados corresponden al sucedáneo de leche a partir de quinua, obtenidas mediante un proceso artesanal y el proceso con extractor cuyo resumen se muestra a continuación:

CUADRO 03: ANÁLISIS FÍSICO-QUIMICO

Componentes	Sucedáneo de leche a partir de quinua (proceso artesanal)	Sucedáneo de leche a partir de quinua (proceso con extractor)
Proteínas (%)	0.69	0.77
Humedad (%)	94.5	95.29
Grasa (%)	2.15	1.8
Cenizas (%)	0.41	0.335
Carbohidratos (%)	1.61	1.38
Fibra (%)	0.64	0.385

Fuente: Elaboración propia e base a los resultados del ANÁLISIS –LENA- N° 0051-09

Estos resultados obtenidos nos indica la diferencia que existe en la composición físico química entre las muestras (PA y PE), en el cual se puede observar que el proceso con extractor (PE), presenta un mayor porcentaje en el contenido de proteína y humedad, el mismo que esta explicado por la forma en que se lleva el proceso, siendo beneficioso para la alimentación. Con respecto al contenido de grasa, ceniza, carbohidratos y fibra se muestra que es mayor con el proceso artesanal (PA), estas diferencias encontradas afirman lo planteado por, (Geankoplis, 1998), quien indica que el procesamiento térmico se usa para provocar la muerte de varios microorganismos patógenos, pero también ocasiona efectos indeseables, como la reducción de ciertos valores nutricionales lo cual explica las diferencias encontradas en el análisis físico químico.

4.7 RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE COSTOS**4.7.1 COSTOS DE PROCESAMIENTO**

Los costos de procesamiento se determinaron para cada tratamiento (proceso artesanal y proceso con extractor), la diferencia en los costos en que se incurren al procesar 10 litros de Sucedáneo de leche a partir de quinua, cuyos resultados se expresan en los siguientes cuadros:

Cuadro 04: Costos de procesamiento de 10 litros de Sucedáneo de leche con extractor.

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO s/.	C. TOTAL s/.
A) COSTO DE PROCESAMIENTO				7.91
1.1 MATERIA PRIMA				5.60
- Quinoa variedad (Blanca de Juli)	kg	0.7	8	5.60
1.2 ENERGÍA				2.31
- Energía consumida por el equipo	kw-h	1.616	0.4389	0.71
- Gas propano	Kg- h	0.4	4	1.60
B) COSTOS DE OPERACIÓN				1.19
- Desgaste de equipo	%	7%	-	0.55
- Mano de obra directa	%	8%	-	0.63
total				9.10

Costo unitario por litro s/. 1.08

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 05: Costos de procesamiento de 10 litros de Sucedáneo de leche con proceso artesanal

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO s/.	C. TOTAL s/.
A) COSTO DE PROCESAMIENTO				6.82
1.1 MATERIA PRIMA				5.60
- Quinoa variedad (Blanca de Juli)	kg	0.7	8	5.60
1.2 ENERGÍA				1.22
- Energía consumida por la Licuadora industrial	kw-h	0.05	0.4389	0.02
- Gas propano	Kg- h	0.3	4	1.20
B) COSTOS DE OPERACIÓN				1.02
- Desgaste de equipo	%	7%	-	0.48
- Mano de obra directa	%	8%	-	0.55
total				7.85

Costo unitario por litro s/. 0.98

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de los costos de procesamiento se deduce que el costo de procesamiento por litro en el proceso con extractor es de s/. 1.08 y con el proceso artesanal es de s/. 0.98 haciendo una diferencia de s/. 0.10 del cual se concluye que es factible la utilización del extractor para la extracción de Sucedáneo de leche a partir de quinua puesto que con la utilización de este equipo es posible la sistematización del proceso artesanal.

4.7.2 COSTO DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO EXTRACTOR

El costo total para la fabricación del equipo extractor se muestra en el cuadro 06 en el que se detalla el precio por componentes que conforma el equipo extractor. El costo de los componentes se expresa en dólares americanos con una tasa de cambio de 3.00 soles.

Cuadro 06: COSTO DE MATERIALES Y ENSAMBLADO

	MATERIALES Y ACCESORIOS	UNIDAD DE MEDIDA	VIDA UTIL (Años)	CANTIDAD	C. UNITARIO (\$)	C. TOTAL (\$)
01	OLLA ENCHAQUETADA					876.67
01.01	Plancha de acero (1.1 x 0.4), Espesor de 1/8", rolado	m2	10	1	200.00	200.00
01.02	Plancha de acero (Ø.0.48), Espesor de 1/8"	Unidad	10	1	120.00	120.00
01.03	Plancha de acero (1 x 0.4), Espesor de 2 mm rolado	m2	10	1	180.00	180.00
01.04	Plancha de acero (Ø.0.40), Espesor de 2 mm	Unidad	10	1	95.00	95.00
01.05	Plancha de acero (0.8 x 1.0), Espesor de 3 mm	m2	10	1	200.00	200.00
01.06	Tubo 0.20 m de acero inoxidable 1"	m	10	1	6.67	6.67
01.07	Soldadura Arco eléctrico tipo MIG	m	5	5	15.00	75.00
02	MOLINO DE MARTILLO					142.33
02.01	Motor 1 HP, 3600 RPM	Unidad	5	1	120.00	120.00
02.02	Eje de rotor (Ø 19 mm), 0.3 m Acero inoxidable	m	10	1	6.67	6.67
02.03	Reten	Unidad	5	1	3.50	3.50
02.04	Malla Acero inoxidable (0.7 mm)	m2	10	1	6.67	6.67
02.05	Malla Acero inoxidable (4 mm)	m2	10	1	5.50	5.50

03	SISTEMA DE AGITACION					111.67
03.01	Motor reductor (1 HP, 105.7 RPM)	Unidad	5	1	100.00	100.00
03.02	Tubo de acero inoxidable (1 m 1/4", AISI 304)	m	10	1	8.33	8.33
03.03	Paleta de acero inoxidable (0.04 x 0.3 m espesor 2.5 mm AISI 304)	m	10	1	3.33	3.33
04	FUENTE DE ENERGIA					86.67
04.01	Tubo de cobre (1 m, Ø 3/8")	m	5	2.5	2.67	6.67
04.02	Tubo de acero (1 m 1/4", AISI 304)	m	10	1	2.00	2.00
04.03	Hornilla de gas	Unidad	5	1	5.00	5.00
04.04	Piloto	Unidad	5	1	3.00	3.00
04.05	Aceite monogrado térmico	gl	2	4	15.00	60.00
04.06	Manguera de alta presión	m	2	2	5.00	10.00
05	SOPORTE O ARMAZON					198.00
05.01	Plancha negra de acero(1.2 x 2.4 m), espesor 2.5 mm	m2	10	1	80.00	80.00
05.02	Plancha negra de acero((1.2 x 1.2), espesor 1/27"))	m2	10	1	50.00	50.00
05.03	Soldadura Arco eléctrico tipo MIG		10	10	5.00	50.00
05.04	Garuchas	unidad	4	4	4.50	18.00
06	ACCESORIOS DE SEGURIDAD Y CONTROL					111.00
06.01	Válvula selenoide	Unidad	5	1	73.33	73.33
06.02	Válvulas de gas	Unidad	5	1	4.00	4.00
06.03	Válvula de bola (Ø 1" acero inoxidable)	Unidad	5	1	12.00	12.00
06.04	Válvula de bola (Ø 1/4" de acero inoxidable)	Unidad	5	1	3.33	3.33
06.05	Interruptores	Unidad	5	4	3.33	13.33
06.06	Válvula de seguridad aceite (cobre)	Unidad	5	1	5.00	5.00
07	SISTEMA ELECTRICO					132.33
07.01	Transformador (220/210 500 Wats)	Unidad	5	1	16.67	16.67
07.02	Cable eléctrico (GPT 16 AWG)	m	5	5	1.00	5.00
07.03	Condensador (60 hz)	unidad	5	1	3.33	3.33
07.04	Tomacorriente (15 Amp , 220V)	Unidad	5	1	1.33	1.33
07.05	Bobina permanente (10 µf)	Unidad	5	1	5.00	5.00
07.06	Tubo corrugado	m	5	3	1.67	5.00
07.07	Cable vulcanizado (Ø 2, numero 16)	m	5	3	3.33	10.00
07.08	Pirómetro (0 – 400 °C 220 V)	Unidad	5	1	80.00	80.00
07.09	Contacto (19 Am 220 V)	Unidad	5	1	5.00	5.00
07.10	Cable eléctrico (NLT 2x16 AWG)	m	5	3	0.33	1.00

08	MATERIALES DE ACABADO					72.00
08.01	Pintura	Unidad		1	8.33	8.33
08.02	Thiner	Unidad		1	6.67	6.67
08.03	Pintura en espray	Unidad		1	3.33	3.33
08.04	Silicón térmico	Unidad		1	2.33	2.33
08.05	Cintas aislantes	Unidad		1	1.33	1.33
08.06	Otros	Varios		1	50.00	50.00
09	SERVICIO TECNICO					700.00
09.01	Personal	Persona		1	700.00	700.00
010	OTROS					10.00
010.01	Puesta en marcha	Varios		1	6.67	6.67
010.02	Reparaciones	Varios		2	1.67	3.33
SUB TOTAL						2440.67
IMPREVISTOS (10%)		%				244.07
TOTAL						2684.73

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES.

- Parámetros de temperatura y tiempo empleados para la obtención del Sucedáneo de leche a partir de quinua son de 87 °C x 15 minutos el cual se ha determinado en función del punto de ebullición y el tiempo de pasteurización del Sucedáneo de leche en condiciones de la planta piloto de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial ubicada a 3850 m.s.m.
- El proceso con extractor presenta ventajas comparativas en costo tiempo y rendimiento (s/. 1.08, 97 min. y 8.410 L), frente a una tecnología artesanal (s/. 0.98, 134 min. y 7.970 L), el cual nos indica que es factible la utilización del equipo extractor para la obtención de Sucedáneo de leche el mismo que garantiza la calidad de proceso.
- Existen diferencias físico químicas en la composición del producto final los que se han obtenido de ambos procesos (proceso con extractor y proceso artesanal) el cual explica el efecto que tiene el tipo de proceso en el producto final, asimismo se ha valorado la calidad del producto mediante un análisis organoléptico en el que se ha encontrado diferencias entre ambos procesos presentando ventajas comparativas el proceso con extractor.

6. RECOMENDACIONES.

- Para la obtención de Sucedáneo de leche se recomienda la utilización como materia prima productos orgánicos en el que no se haya utilizado productos químicos para su producción puesto que siempre quedan residuos nocivos para la salud, sobre todo si va ha ser consumido por niños.
- Para la obtención de sucedáneo de leche a partir de quinua Se recomienda la utilización de los genotipos de estructura cristalina (variedad Chullpi), y no los amiláceos.
- Realizar trabajos de investigación con el equipo relacionados a la obtención de sucedáneo de leche a partir de quinua para establecer estándares de proceso.
- Debido a que la quinua es un producto altamente nutritivo y con una amplia variabilidad genética se recomienda profundizar los estudios con el equipo con diferentes variedades, los cuales pueden presentar variaciones en la calidad composicional del producto final.
- Realizar trabajos de investigación con el equipo en la obtención de Sucedáneos de leche a partir de cereales de la Región los cuales permitirán diversificar el consumo y generar valor agregado a la materia prima utilizada.

7. BIBLIOGRAFIA.

1. Badui Dergal Salvador, (1993). "Química de los Alimentos". Tercera edición Editorial ©longman de México editores, S.A. DE C.V.
2. Beltrán Navarro, (1984). "Diccionario Terminológico de Ciencias Medicas". Salvac Editores S.A Barcelona España, Editorial Continental, S.A. de C.V.
3. Brennan, J.G. (1998). "Las operaciones en la Ingeniería de los Alimentos". Tercera Edición; Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza, España.
4. Carrasco, Repo R. (1998). "Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de granos Andinos"; Lima – Perú.
5. Chapman, S.J. (1997). "Máquinas Eléctricas". Segunda Edición; Editorial McGraw-Hill; Santa Fé de Bogota - Colombia.
6. CIRMA, (1998). "Post - Producción de productos Andinos en el Altiplano"; inventario y demanda; Edigrafasa; Lima - Perú.
7. Denavi Gabriela, (1998). "Obtención y Caracterización en Base a las Proteínas de la Soya". Segunda Edición Editorial CIDCA – Plata-Buenos Aires- Argentina.
8. Deutschman, E.A. (1996). "Diseño de Máquinas "; Sétima reimpresión; Trad. José Armando Garza C; México D.F.; Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.
9. Díaz, P.B. (1994). "Transferencia de calor y aplicaciones". Segunda Edición Lima; Perú.
10. Dikerson, R.W. (1989). "Propiedades de Alimentos Procesados". Segunda Edición; Editorial Acibia S.A. Zaragoza, España.
11. Earle, R.L. (1996). "Operaciones Unitarias en Alimentos Procesados". Segunda Edición editorial Continental, S.A. de C.V.
12. Els, K.A. (1995). "Procesamiento de cereales," Lima-Perú; Publicaciones de Intermediate Technology.
13. Fenemma, O.R. (1993). "Química de los Alimentos". 2da Edición; Zaragoza; Editorial Acibia S.A.; España.

14. García villas Marianella (1990). "Nuevas tecnologías y transformaciones socioeconómicas" 1ra Edición; Madrid; Editorial Cofas, S.A.; España.
15. Geankoplis, C. (1995). "Transport Proceses and Operations". Traducción, Dr. Jorge Rodríguez Gonzáles, 2da Edición; México D.F.; Compañía Editorial Continental, S.A.; México.
16. Geankoplis, C. (1998). "Transport Proceses And Unit Operations". Traducción, Dr. Jorge Rodríguez González. 3ra Edición; México D.F.; Compañía Editorial Continental, S.A.; México.
17. Gómez Pando, (1997). "Quinua y Cañihua. Cultivos andinos". Profesor Principal del Dpto. de Fitotecnia e Investigador del Programa de Cereales y Leguminosas de la UNALM.
18. Gonzalez, J.A. (1997). "Actividad nematocida de extracción de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)", IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos Cuzco – Perú.
19. Heldman, Dennis R. (1998). "Introducción a la ingeniería de los alimentos". Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España).
20. Lescano Rivero José Luis, (1994). "Genética y Mejoramiento de Cultivos Altoandinos - Quinua, Cañihua, Tarwi, Kiwicha, Papa amarga, Olluco, Mashua y Oca", Impreso en Bolivia, 1ra edición.
21. McCabe y Smith J.C. (1998). "Operacioner Unitarias para Chemical la Ingeniería" Quinta Edicion. Editorial Mc Graw-Hill Book Company.
22. Mott, Robert, (1992) "Diseño de Elementos de Maquina" 2da edición editorial hispanoamericano.
23. Mujica, Ángel S. Jacobsen, Sven-Erik Izquierdo, Juan Jean, Marathee.Pierre. (2001). "Agroindustria de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en los Países Andinos". Impreso en los Talleres de Editorial Altiplano E.I.R.L. Puno-Perú.
24. Othan, S.R. (1996). "Química, almacenamiento e industrialización de Cereales". A.G.T. Editor S.A.; Primera Edición; México D.F.

25. Pierre Mafart, (1994). "Ingeniería Industrial Alimentaria". Volumen I. Editorial Acribia S.A. Impreso en México.
26. Rase & Barrow, (1984) recopilación "Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso" .Editorial continental, s.a. México.
27. Ramos Aro, Manzano Velázquez, (2006) recopilación "Construcción de una caldera eléctrica y su evaluación en costos de procesamiento en néctar de mango (*Mangifera indica* L.)" UNA-PUNO.
28. Tapia, M. (1990). "Cultivos Andinos sub explotados y su aporte en la Alimentación"; ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
29. Torres y Minaya (1980). "Escarificadora de quinua, publicaciones misceláneas" Segunda Edición C.A. Lima.
30. Valenzuela, J.D. (1997). "Transferencia de Calor", 8va reimpresión, México D.F. CECSA; México.
31. Valiente, A. (1992). "Problema de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria". México; D.F.; Editorial LIMUSA S.A.; México.
32. Varriano y De Francisco, (1984) "Estructura de la quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*)". Alimentos estructurales Primera Edición – Reimpresión en México D.F; CECSA; México.



ANEXO

Anexo 1
PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ALIMENTOS
TABLA 1

A.4-2 Conductividades térmicas, densidades y viscosidades de alimentos

<i>Material</i>	<i>H₂O</i> <i>(% en peso)</i>	<i>Temperatura</i> <i>(K)</i>	<i>k</i> <i>(W/m·k)</i>	<i>ρ</i> <i>(kg/m³)</i>	<i>μ</i> <i>[(Pa·s)10³, o cp]</i>
Puré de manzana		295.7	0.692		
Mantequilla	15	277.6	0.197	998	
Melón			0.571		
Pescado		273.2	0.431		
Congelado		263.2	1.22		
Harina de trigo	8.8		0.450		
Miel	12.6	275.4	0.50		
Hielo	100	273.2	2.25		
	100	253.2	2.42		
Cordero	71	278.8	0.415		
Leche		293.2		1030	2.12
Descremada		274.7	0.538		
		298.2		1041	1.4
Aceite		298.2		924	
Maíz		288.2		921	
Olivo		293.2	0.168	919	84
Cacahuete		277.1	0.168		
Frijol de soya		303.2		919	40
Naranjas	61.2	303.5	0.431		
Peras		281.9	0.595		
Carne de puerco magra	74	275.4	0.460		
Congelada		258.2	1.109		
Papas			0.554		
Congeladas		260.4	1.09	977	
Salmon	67	277.1	0.50		
Congelado	67	248.2	1.30		
Solución de sacarosa	80	294.3		1073	1.92
Pavo	74	276.0	0.502		
Congelado		248.2	1.675		
Tenera	75	335.4	0.485		
Congelada	75	263.6	1.30		
Agua	100	293.2	0.602		
	100	273.2	0.569		

Referencia: R. C. Weast, *Handbook of Chemistry and Physics*, 48a. ed., Cleveland: Chemical Rubber Co., Inc. 1967; C. P. Lentz, *Food Technol.*, 15, 243 (1962); G. A. Reidy, Department of Food Science, Michigan State University, 1968; S. E. Charm, *The Fundamentals of Food Engineering*, 2a. ed., Westport Con. Avi Publishing Co., Inc., 1971; R. Earle, *Unit Operations in Food Processing*, Oxford: Pergamon Press, 1966; R. H. Perry y C. H. Chilton, *Chemical Engineers' Handbook*, 5a. ed., Nueva York: McGraw-Hill, Book Company, 1973; V. E. Sweat, *J. Food Sci.*, 39, 1080 (1974)

Fuente: C.J. Geankoplis, (1986).

Tabla 2 Capacidades caloríficas de alimentos

<i>Material</i>	<i>H₂O</i>	<i>C_p</i>
	<i>(% en peso)</i>	<i>(kJ/kg- K)</i>
Helado		
Fresco	58-66	3.27
Congelado	58-66	1.88
Cordero	70	3.18
Macarrones	12.5-13.5	1.84-1.88
Leche de vaca		
Entera	87.5	3.85
Descremada	91	3.98-4.02
Aceite de oliva		2.01
Naranjas		
Frescas	87.2	3.77
Congeladas	87.2	1.93
Guisantes, secos	14	1.84
Guisantes verdes		
Frescos	74.3	3.31
Congelados	74.3	1.76
Sopa de		4.10
Ciaielas	75-78	3.52
Cerdo		
Fresco	60	2.85
Congelado	60	1.34
Papas	75	3.52
Aves		
Frescas	74	3.31
Congeladas	74	1.55
Salchichas alemanas		
Frescas	60	3.60
Congeladas	60	2.35
Alubias		
Frescas	88.9	3.81
Congeladas	88.9	1.97
Tomates	95	3.98
Tenera	63	3.22
Agua	100	4.185

Referencia: W. O. Ordianz. *Food Ind*, 18, 101 (1945); G. A Reidy, Department of Food Science, Michigan State University, 1968 S E Cham,

Fuente: C.J. Geankoplis, (1986).



Anexo 2

A-3-16 Conductividades térmicas, densidades y capacidades caloríficas de metales

Material	t (°C)	ρ ($\frac{kg}{m^3}$)	c_p ($\frac{kJ}{kg \cdot K}$)	$k(W/m \cdot K)$		
Aluminio	20	2707	0.896	202 (0 °C)	206(100 °C)	215 (200 °C) 230(300 °C)
Latón (70-30)	20	8522	0.385	97 (0 °C)	104 (100 °C)	109 (200°C)
Hierro colado	20	7593	0.465	55 (0 °C)	52 (100 °C)	48 (200 °C)
Cobre	20	8954	0.383	388 (0 °C)	377 (100 °C)	372 (200 °C)
Plomo	20	11370	0.13	35 (0 °C)	33 (100 °C)	31 (200 °C)
Acero 1%C	20	7801	0.473	45.3 (18 °C)	45 (100 °C)	45(200 °C) 43 (300°C)
Inoxidable 308	20	7849	0.461	15.2 (100 °C)	2 1.6 (500 °C)	
Inoxidable 304	20	7817	0.461	13.8 (0 °C)	16.3(100 °C)	18.9 (300 °C)
Estallo	20	7304	0.227	62 (0 °C)	59(100 °C)	57 (200 °C)

Referencia: L. S. Marks. Mechanical Engineers: Hand book 5a. ed. Nueva York' McGraw-Hill Book Company. 1951: E.R. H. Perry y c. H. Chilton. Chemical Engineers,-Hand book 5a. ed Nueva York' McGraw-Hill Hand Book Company. 1973. National Research

Fuentes C.J. Geankoplis, (1986).

Anexo 3

TABLA 12-1.t EFICIENCIAS ADMISIBLES EN JUNTAS SOLDADAS POR ARCO O GAS

TIPO DE JUNTA	LIMITACIONES	Eficiencia de la junta básica por ciento	Radiografiada	Relevada térmicamente de esfuerzo*	eficiencia máxima de la junta por ciento
Junta a tope doble	Ninguna.	30	...	...	80
Junta soldada a tope simple con placa de respaldo	Juntas longitudinales no mayores de 1 1/4 plg. de espesor. Sin limitaciones de espesor para juntas circunferenciales.		...	*	85 90 95
Junta soldada a tope simple sin placa de respaldo	Solo para juntas circunferenciales, no mayores de 5/8 plg. de espesor.	70	...	...	70 75
Soldadura a traslape de dos cordones	Juntas longitudinales no mayores de 3/8 plg. de espesor, circunferenciales no mayores de 5/8 plg. de espesor.	65	...	...	65 70
Soldadura a traslape simple con soldaduras de tapón	Solo para soldaduras circunferenciales de espesor no mayor de 5/8 plg. y para Uniones a cabezales no mayores de 24 plg. día ext y cubiertas de espesor no mayor a 5/8 plg.	69	...	...	60 65
Soldadura a traslape simple sin soldadura de tapón	Para unión a cabezales convexos, para cubierta de espesor máximo 5/8 plg. para usar con cordón de soldadura en el interior del cilindro; puede tenerse presión por arriba o por abajo del cabezal; con cordón de soldadura en el exterior si se tiene cabezal brida para cubiertas no mayores de 24 plg. día. interior y espesor no mayor de 1/4. plg.	50	...	...	50 55

* Indica que esas operaciones fueron ejecutadas.

t Reproducida con permiso de Rules for Construction of Unfired Pressure Vessels, 1952. ed., Am. Soc. Mech. Engrs.

Fuente: Rase , Barrow 1984

Anexo 4
GUIA DE ACEROS INOXIDABLES

CORTESIA:



Cia. General de Aceros S.A.

Es respaldado!

ACERO AUSTENITICO AISI 304

Composición química

TIPO	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cr	%Ni	%Mo
304	0.08 max.	2.00 max.	0.045 max.	0.03 min.	1.00 max.	18.0- 20	8.00- 10.5	

Propiedades del acero

El AISI - 304 se diferencia de los demás por las diversas cantidades de Níquel que contiene; a medida que su cantidad aumenta estos aceros presentan una menor acritud durante su elaboración por deformación plástica; posee características mecánicas no muy elevadas a temperatura ambiente y óptimas a temperaturas muy bajas, en particular la resiliencia. Presenta buena resistencia a la corrosión y buena soldabilidad.

Propiedades físicas	
PESO ESPECIFICO g/cm ³	8.06
RESISTIVIDAD ESPECIFICA a 20°C p. cm.	72
CALOR ESPECIFICO 0/100 K cal / Kg. °C	0.12
COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA MEDIO X 10 ⁻⁶ °C ⁻¹	17.3 18.4
CONDUCTIVIDAD TERMICA Cal / cm. Sec. °C	0.039
INTERVALO DE FUSION °C	1400-1455

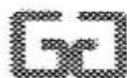
Aplicaciones

Piezas varias en electrodomésticos, industria agrícola y alimenticia, también en la elaboración de cubertería, fabricas de azúcar, lecherías, cervecerías, etc.

Soldadura

Se puede soldar fácilmente.

CONTINUA.



Cia. General de Aceros S.A.

Es respaldado!

		PROPIEDADES MECÁNICAS			
Estructura	AISI	Res. Tracción N/MM2	LIM. Elasticidad /MM2	Alargamiento %	Dureza HB
AUSTENITICA	304	540-750	230	45	190
	304L	520-670	220	45	190
	304 DDQ	540-750	230	45	190

ACABADOS, CHAPAS Y BOBINAS	
LAMINADOS EN CALIENTE	
N° 1	Laminado en caliente, recocido y decapado
1 D	Laminado en caliente, recocido y decapado y con una pequeña reducción en frío
LAMINADOS EN FRIO	
2 D	Laminado en frío, recocido y decapado
2 B	Laminado en frío, recocido y decapado y con una ligera laminación en el tren skin-pass
B A	Laminado en frío y recocido en horno de atmósfera controlada
ESMERILADOS	
N° 3	Pulido con cintas abrasivas de grano 80 a 120
N° 4	Pulido con cintas abrasivas de grano 150 a 400
H L	Pulido hair-line con cintas de grano 150 a 240
GRABADGS	
Emboss	Grabado por laminación en frío

Anexo 05

PROPIEDADES TERMICAS DEL ACEITE ACEITE DE MOTOR SIN USAR

Temperatura °C	Densidad ρ (Kg/m ³)	Calor específico c_p J/Kg°C	Conductiv. térmica "k" W/m°C	Dif. térmica $\alpha \cdot 10^{10}$ (m ² /seg)	Visc. dinám. $\eta \cdot 10^3$ (N.seg/m ²)	Visc. cinem. v. 10^6 (m ² /seg)	Nº de Prandtl Pr	$(\frac{g \beta}{\nu^2} 10^{-10})$
0	899.1	1796	147	911	3848	4280	47100	
20	888.2	1880	145	872	799	900	10400	8475
40	876.1	1964	144	834	210	240	2870	
60	864	2047	0.14	800	72.5	83.9	1050	
80	852	2131	138	769	32	37.5	490	
100	840	2219	137	738	17.1	20.3	276	
120	829	2307	135	710	10.3	12.4	175	
140	816.9	2395	133	686	6.54	8	116	
160	805.9	2483	132	663	4.51	5.6	84	

FUENTE: ROBERT L MOTT, (1992).

Anexo 06

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE A PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Temperatura		Densidad (ρ)	coeficiente volumetrico de expansión (β)	Calor específico c_p	Conductiv. térmica "k"	Dif. térmica $\alpha \cdot 10^{10}$	Visc. dinám. $\mu \cdot 10^{-4}$	Visc. cinem. v. 10^{-6}	Nº de Prandtl Pr
t °C	t °k	(Kg/m ³)	(x 10 ⁻³ k ⁻¹)	kJ/Kg°k	W/m°k	(m ² /seg)	(N.seg/m ²)	(m ² /seg)	Pr
-20	253.15	1.395	3.97	1.005	0.0226	16.8	16.279	12.00	0.71
0	273.15	1.252	3.65	1.011	0.0237	19.2	17.136	13.90	0.71
10	283.15	1.206	3.53	1.01	0.0214	20.7	17.818	14.66	0.71
20	293.15	1.164	3.41	1.012	0.0251	22.0	18.240	15.70	0.71
30	303.15	1.127	3.30	1.013	0.0258	23.4	18.682	16.58	0.71
40	313.15	1.092	3.20	1.014	0.0265	24.8	19.123	17.60	0.71
50	323.15	1.057	3.10	1.016	0.0272	26.2	19.515	18.58	0.71
60	333.15	1.025	3.00	1.017	0.0279	27.6	19.907	19.40	0.71
70	343.15	0.996	2.91	1.018	0.0286	29.2	20.398	20.65	0.71
80	353.15	0.968	2.83	1.019	0.0293	30.6	20.790	21.50	0.71
90	363.15	0.942	2.76	1.021	0.0300	32.2	21.231	22.82	0.71
100	373.15	0.916	2.69	1.022	0.0307	33.6	21.673	23.60	0.71
120	393.15	0.870	2.55	1.025	0.0320	37.0	22.333	25.90	0.71
140	403.15	0.827	2.43	1.027	0.0333	40.0	23.340	28.20	0.71
150	423.15	0.810	2.37	1.028	0.0336	41.2	23.732	29.40	0.71
160	433.15	0.789	2.31	1.03	0.0344	43.3	24.124	30.60	0.71
180	453.15	0.755	2.20	1.032	0.0357	47.0	24.909	33.00	0.71
200	473.15	0.723	2.11	1.035	0.0370	49.7	25.693	35.50	0.71
250	523.15	0.653	1.89	1.043	0.0400	60.0	27.557	42.2	0.71

Fuente: Adaptado Raznjevic, (1978).

Anexo 07

ECUACIONES SIMPLIFICADAS PARA CONVECCIÓN NATURAL DESDE DIVERSAS SUPERFICIES

Geometría física	N _{GR} N _{Pt}	Ecuación		Ref.
		$h = \text{btu h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$ $L = \text{pie} \cdot \Delta T = \text{ } ^\circ\text{F}$ $D = \text{pie}$	$h = \text{W/m}^2$ $L = \text{m} \cdot \Delta T = \text{ } ^\circ\text{K}$ $D = \text{m}$	
Aire a 101.32 kpa (1 atm) abs. de presión				
Planos y cilindros verticales	$10^4 - 10^9$	$h = 0.28 (\Delta T/L)^{1.4}$	$h = 1.37 (\Delta T/L)^{1.4}$	(PI)
	$>10^9$	$h = 0.18 (\Delta T/L)^{1.3}$	$h = 1.24 \Delta T^{1.3}$	(PI)
Cilindros horizontales	$10^3 - 10^9$	$h = 0.27 (\Delta T/L)^{1.4}$	$h = 1.32 (\Delta T/L)^{1.4}$	(MT)
	$>10^9$	$h = 0.18 (\Delta T)^{1.3}$	$h = 1.24 \Delta T^{1.3}$	(MT)
Placa horizontal				
Placa calentada hacia arriba o enfriada hacia abajo	$10^5 - 2 \times 10^2$	$h = 0.27 (\Delta T/L)^{1.4}$	$h = 1.32 (\Delta T/L)^{1.4}$	(MT)
	$2 < 10^7 - 3 \times 10^{10}$	$h = 0.22 (\Delta T/L)^{1.3}$	$h = 1.52 \Delta T^{1.3}$	(MT)
Placa calentada hacia abajo o enfriada hacia arriba	$2 < 10^5 - 3 \times 10^{10}$	$h = 22 (\Delta T/L)^{1.4}$	$h = 0.59 (\Delta T/L)^{1.4}$	(MT)
Agua a 70 °F (294°K)				
Planos y cilindros verticales	$10^4 - 10^9$	$h = 26 (\Delta T/L)^{1.4}$	$h = 1.27 (\Delta T/L)^{1.4}$	(PI)
Líquidos orgánicos a 70 °f (294°k)				
Planos y cilindros verticales	$10^4 - 10^9$	$h = 12 (\Delta T/L)^{1.4}$	$h = 59 (\Delta T/L)^{1.4}$	(PI)

Fuentes C.J. Geankoplis, (1986).

ANEXO 08

VALOR DE CONSTANTES DE (a) Y (b)

Valores de las constantes a y b en la ecuación

Sistema	D	Valor de $Pr_a Gr$	a	b
Cilindros verticales u horizontales	diámetro	10^3-10^8	0.47	0.25
		$>10^9$	0.1	0.33
Planos verticales	altura	10^3-10^8	0.56	0.25
		$>10^9$	0.12	0.33
Planos cuadrados horizontales mirando hacia arriba	lado	10^3-10^8	0.54	0.25
		$>10^9$	0.14	0.33
Fluido entre planos verticales paralelos	distancia	$<10^3$	1	0
		10^4-10^6 $>10^6$	0.15	0.25

la transmisión de calor tiene lugar independientemente por cada una de las caras

FUENTE: Brennan (1998)

ANEXO 09

CONSTANTES PARA LOS GRUPOS ADIMENSIONALES

Agitador	a	b	m	Intervalo de Re
Paletas	0.36	2/3	0.21	300-300.000
Ancla	1	1/3	0.18	10-300
Ancla	0.36	2/3	0.18	300-40.000
Hélice	0.54	2/3	0.14	2.000 (un punto)
Banda helicoidal	0.633	1/3	0.18	8-100.000
Turbina de aspas separadas	0.53	2/3	0.24	80-200
Disco turb. De aleta plana	0.54	2/3	0.14	40-300.000

Fuente: Perry y Chilton,(1982).

ANEXO 10

NÚMEROS ADIMENSIONALES UTILIZADOS EN LA TRANSFERENCIA DE CALOR

1.- GRUPOS ADIMENSIONALES UTILIZADOS EN LA TRANSFERENCIA DE CALOR

$$1) \text{ N}^\circ \text{ de BIOT: } Bi = \frac{h_c L}{k}$$

Es el cociente entre la resistencia térmica del sólido y la resistencia térmica del fluido.

$$2) \text{ N}^\circ \text{ de FOURIER: } Fo = \frac{\alpha t}{L^2}$$

Es el cociente entre la conducción del calor y el calor almacenado
Se utiliza en problemas de transferencia de calor transitorios

$$3) \text{ N}^\circ \text{ de GRAETZ: } Gz = Re Pr \left(\frac{d}{L}\right) = \frac{\rho u d^2 c_p}{k L}$$

Se utiliza en problemas de convección forzada.

$$4) \text{ N}^\circ \text{ de GRASHOF: } Gr = \frac{g \beta \Delta T L^3}{\nu^2}$$

Es el cociente entre las fuerzas de flotación y las fuerzas de viscosidad.

$$5) \text{ N}^\circ \text{ de LEWIS: } Le = \frac{\alpha}{\epsilon}$$

Es el cociente entre la difusividad térmica y la difusividad molecular
Se utiliza en problemas de transferencia de masa.

$$6) \text{ N}^\circ \text{ de NUSSELT: } Nu = \frac{h_c L}{k}$$

Es el coeficiente básico de la transferencia de calor por convección.

$$7) \text{ N}^\circ \text{ de PECLET: } Pe = Re Pr = \frac{\rho u L c_p}{k}$$

Es el cociente entre la transferencia de calor por convección y por conducción
Se utiliza en problemas de convección forzada.

$$8) \text{ N}^\circ \text{ de PRANDTL: } Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\eta c_p}{k}$$

Es el cociente entre el impulso y la difusividad térmica.

$$9) \text{ N}^\circ \text{ de RAYLEIGH: } Ra = Gr Pr = \frac{g \beta \Delta T L^3}{\nu \alpha}$$

Se utiliza en problemas de convección libre

$$10) \text{ N}^\circ \text{ de REYNOLDS: } Re = \frac{u L}{\nu}$$

Es el cociente entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de viscosidad.

$$11) \text{ N}^\circ \text{ de SCHMIDT: } Sc = \frac{\nu}{\epsilon}$$

Es el cociente entre el impulso y la difusión de masa.

$$12) \text{ N}^\circ \text{ de SHERWOOD: } Sh = \frac{k L}{\epsilon}$$

Es el cociente entre la difusividad de masa y la difusividad molecular.

$$13) \text{ N}^\circ \text{ de STANTON: } St = \frac{Nu}{Re Pr} = \frac{h_c}{\rho c_p u}$$

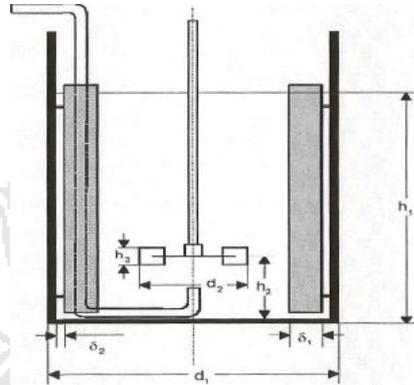
Es el cociente entre el calor transferido en la superficie y el transportado por el fluido.

$$14) \text{ N}^\circ \text{ de JAKOB: } Ja_1 = \frac{c_{pl} (T_{sat} - T_{pared})}{r_{l-v}}$$

Es el cociente entre el calor sensible del líquido sobrecalentado y el calor latente del cambio de estado

Fuente: Adaptado Raznjevic, (1978).

ANEXO 11
CLASIFICACIÓN DE LOS AGITADORES SEGÚN NORMA DIN 28131



Dimensiones estándares según la norma DIN 28131

DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	GEOMETRÍA
Agitador de hélice		<p> $h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.33$ $h_2 / d_1 = 0.33$ $\alpha = 25^\circ$ $\delta_1 / d_1 = 0.1$ $\delta_2 / d_1 = 0.02$ </p>
Agitador con palas planas inclinadas		<p> $h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.337$ $h_2 / d_1 = 0.17 \div 0.34$ $h_3 / d_2 = 0.177$ $\alpha = 45^\circ$ 6 Blätter $\delta_1 / d_1 = 0.1$ $\delta_2 / d_1 = 0.02$ </p>
Agitador helicoidal		<p> $h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.98$ $b / d_2 = 0.1$ $h_3 / d_2 = 1.0$ $s / d_2 = 0.5$ $h_2 / d_1 = 0.07$ </p>
Agitador de palas planas		<p> $h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.33$ $h_2 / d_1 = 0.33$ $h_3 / d_2 = 0.2$ $\delta_3 / d_2 = 0.25$ $\delta_1 / d_1 = 0.1$ $\delta_2 / d_1 = 0.02$ </p>

FUENTE: SONIA ANSO (1998)

ANEXO 12

EQUIPO PARA LA EXTRACCIÓN DE JUGOS

6.1. Extractor de jugo

Las siguientes pautas pueden ser útiles para el diseño de un extractor de jugo semi-industrial (Figura 15A):

Motor

Para un trabajo continuo de varias horas seguidas es preferible diseñar el extractor con un nivel de potencia mínima del HP. Un motor con estas características permite que el disco abrasivo y la plancha perforada giren a una velocidad de hasta 7000 rpm, lo cual contribuye a una separación relativamente eficiente del jugo y el bagazo. Un nivel menor de potencia incrementa las pasibilidades que el equipo se malogre en poco tiempo.

Disco abrasivo

Es un disco plano que gira muy rápido sobre un eje y que tiene en su superficie pequeñas cuchillas de acero inoxidable que permiten triturar la materia prima (Figuras 15B y 15C). Cuanto mayor sea la velocidad de giro del disco, más eficientemente se separa el bagazo del jugo.

Plancha perforada

Es una lamina de acero inoxidable, en forma de cono invertido, que ha sido perforada con pequeños agujeros en toda su superficie (Figuras 15B y 15C). La plancha perforada cumple la función de un filtro dentro del extractor, separando el bagazo del jugo. Para obtener el jugo de yacón con la menor cantidad posible de bagazo y para que este último sea expulsado con el menor contenido posible de humedad, las punteaduras en la plancha perforada deben tener el menor diámetro posible (aproximadamente del tamaño de la punta de un alfiler) y deben poblar densamente el área de toda la plancha.

Conductos de alimentación y evacuación

El conducto de alimentación es aquel por donde ingresan las raíces peladas y desinfectadas para la extracción del jugo. El diámetro de este conducto debe ser lo suficientemente amplio como para permitir el ingreso de una o varias raíces enteras. El conducto de evacuación sirve para eliminar el bagazo fuera del equipo y debe ser diseñado para que haga la evacuación de modo abierto, a fin de que la extracción del jugo sea un proceso continuo (sin necesidad de desmontar el equipo). El tercer conducto es por el que discurre el jugo extraído. Se puede diseñar este conducto para que termine en forma de una boquilla, de tal manera que permita conectar una manguera de desfogue del jugo (Figuras 15A y 15C).

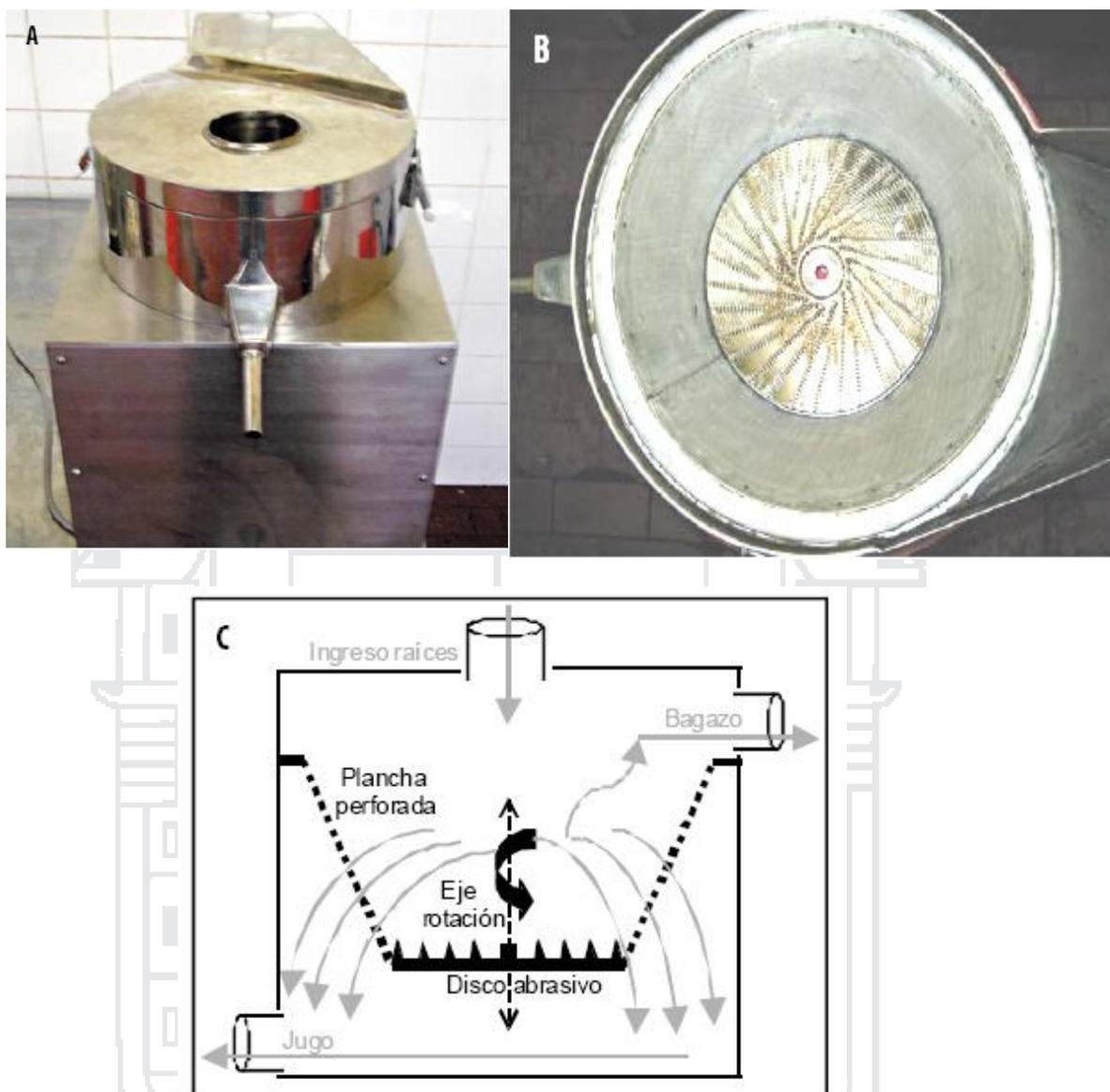


Figura 15. Algunos equipos utilizados para el procesamiento del jarabe. A. Extractor de jugo, obsérvese que el diámetro del orificio del conducto de alimentación es suficientemente ancho como para permitir el ingreso de una raíz grande y entera de yacón). B. Detalle de la plancha perforada y del disco abrasivo del extractor de jugo. C. Principios básicos de un extractor de jugo: Las raíces son trituradas por el disco abrasivo y la plancha perforada (malla) se encarga de filtrar el jugo para separarlo del bagazo. El bagazo sale expulsado del extractor por el conducto de evacuación y el jugo es colectado en recipientes grandes para su uso posterior.

ANEXO 13

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO (PROCESO ARTESANAL Y PROCESO
CON EXTRACTOR)**



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Ciudad Universitaria s/n - Telefax (051) 366080 - Casilla 291 e-mail: fca-una@endorunmail.com



INFORME DE ANALISIS - LENA - N°0051-09

SOLICITANTES : YENI L. ARAPA FERNANDEZ
HUBERT F. JAMACHI ARPASI
PROCEDENCIA : TESIS E. P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL:
PRODUCTO : SUCEDANEO DE LECHE DE QUINUA
ANALISIS SOLICITADO : **FISICO QUIMICO**
FECHA DE RECEPCION : 12/08/09
FECHA DE EMISION : 25/08/09

RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

DETERMINACIONES FISICO QUIMICAS:

N° DE ANALISIS	CLAVE DE IDENTIFICACION	% HUMEDAD	% CENIZA	% PROTEINA	% GRASA	% FIBRA	NIFEX
01	SUCEDANEO DE	94,45	0,40	0,64	2,2	0,61	1,70
	LECHE DE QUINUA	94,55	0,42	0,74	2,1	0,67	1,52
02	SUCEDANEO	95,29	0,35	0,76	1,8	0,41	1,31
	LECHE DE QUINUA CON	95,29	0,32	0,78	1,8	0,36	1,45

CONCLUSION

*Los resultados Físico Químicos están conformes.

El presente Informe de Ensayo es valido solo para el producto, en la fecha de análisis y el documento en su papel original, tendrá validez por 90 días a partir de la fecha de emisión.



Ing° OSWALDO ARPASI ALCA
Control de Calidad de Alimentos
ANALISIS - LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
Ing° M. Sc. ROGER SEGURA PEÑA
JEFE LABORATORIO - ANALISIS

ANEXO 14

MANUAL DE MANEJO DEL EQUIPO EXTRACTOR

Para la correcta manipulación del equipo extractor, el operador debe tener previo conocimiento del manual de operaciones en el que se detalla, el orden de procedimientos para la operación del equipo, el mismo que ha sido elaborado en base a diversas pruebas, además fue comprobado para evitar riesgos en la operación.

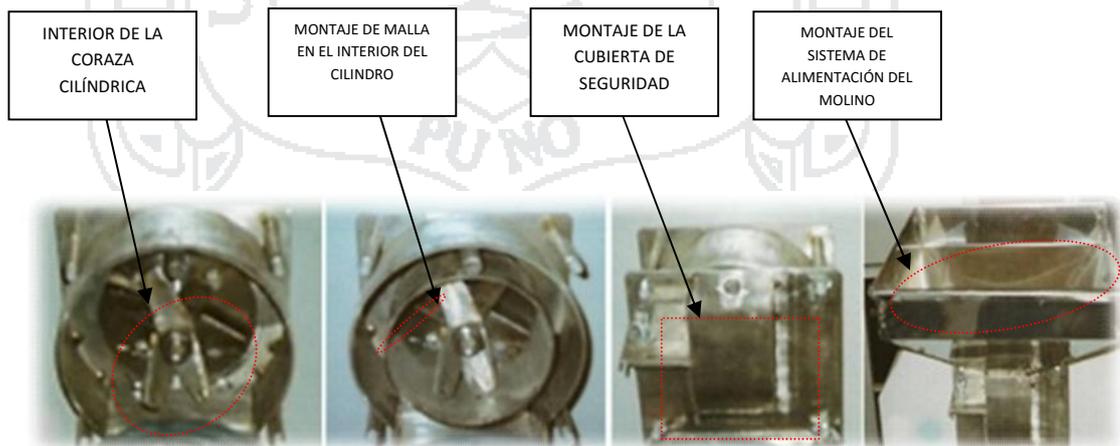
Pre operación

Antes de poner en servicio el equipo, extractor se debe revisar que toda las válvulas estén cerradas debidamente poniendo especial énfasis en los interruptores de control de energía.



A) MONTAJE DEL SISTEMA DE MOLIENDA

1ro.- Revisar el sistema de molienda que esta compuesto por una coraza cilíndrica que en su interior encierra la canastilla y las cuchillas del molino de martillos, esta operación consiste en el montaje de la canastilla en el interior de la coraza cilíndrica cuyo montaje debe ser precisa con la ayuda de las guías que se encuentran en la base del molino.



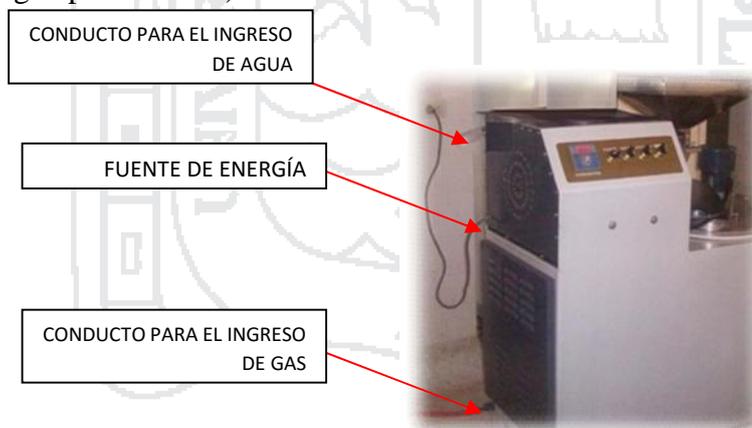
2do.- La utilización del tipo de canastilla esta determinado por:

NUMERO DE MALLA	TIPO DE MATERIAL
Malla 0.75 mm 	Cereales y Gramíneas
Malla 3.00 mm 	Leguminosas

B) OPERACIÓN

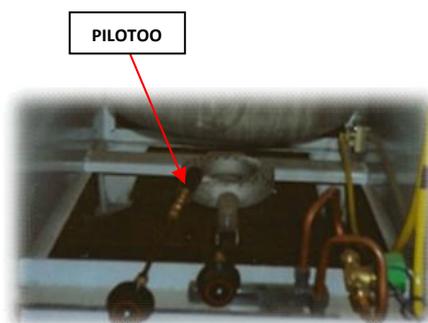
1.- Para la operación del equipo, este debe estar ubicado de manera estable cerca de una fuente de energía (220V monofásico), fuente de gas propano y fuente de agua.

2.- Para el funcionamiento del equipo este debe estar conectado a las fuentes antes mencionadas. (Para el abastecimiento de agua el sistema cuenta con un conducto en la parte superior, el cual mediante una manguera debe ser conectada a una fuente de agua potabilizada).



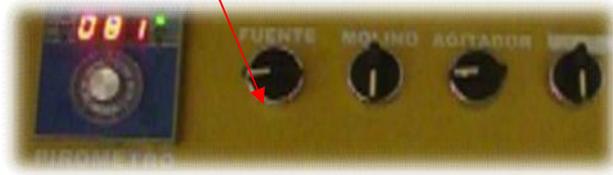
3.- Encendido del equipo

a.- Encender el piloto que se encuentra en la parte inferior de la olla.



b.- Encender el interruptor de la fuente de energía el cual activa el sistema automático del equipo extractor.

INTERRUPTOR DE CONTROL DE ENERGÍA (POSICIÓN HORIZONTAL)



c.- Programar el pirómetro a la temperatura deseada, el cual trabaja con la válvula de solenoide y el sensor de temperatura que esta conectado a la olla.

PERILLA PARA PROGRAMAR LA TEMPERATURA

VÁLVULA DE SOLENOIDE

TERMOCUPLA



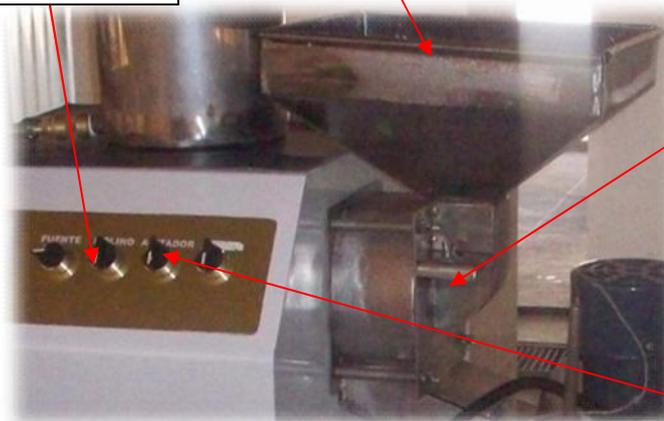
4.- Molienda

- 1ro.- Asegurarse de que la compuerta de la tolva de alimentación del molino este cerrado.
- 2do.- Depositar la materia prima en la tolva de alimentación del molino.
- 3ro.- Encender el molino mediante el interruptor que se encuentra en el tablero de control de la maquina.
- 4to.- Abrir la válvula de agua.
- 5to.- Abrir la compuerta de la tolva de alimentación, controlando que el ingreso de la materia prima sea gradual.

INTERRUPTOR DE ENCENDIDO DEL MOLINO

TOLVA DE ALIMENTACIÓN DEL MOLINO

COMPUERTA DE ALIMENTACIÓN PARA EL MOLINO



INTERRUPTOR DE ENCENDIDO DEL SISTEMA DE AGITACIÓN

6to.- Una vez terminado la etapa de molienda apagar el molino mediante el interruptor, y luego cerrar la válvula de ingreso de agua.

5.- Cocción:

a.- Luego de haber terminado la molienda de la materia prima, se debe encender el sistema de agitación para homogenizar el producto que se encuentra en la olla de proceso.

b.- Luego de haber terminado el proceso de cocción se debe apagar el equipo para luego retirar el producto mediante la válvula de vaciado.



c.- Terminado el proceso se debe desmontar el sistema de molienda, para retirar la torta retenido por la canastilla, para luego comenzar con el siguiente Bach.

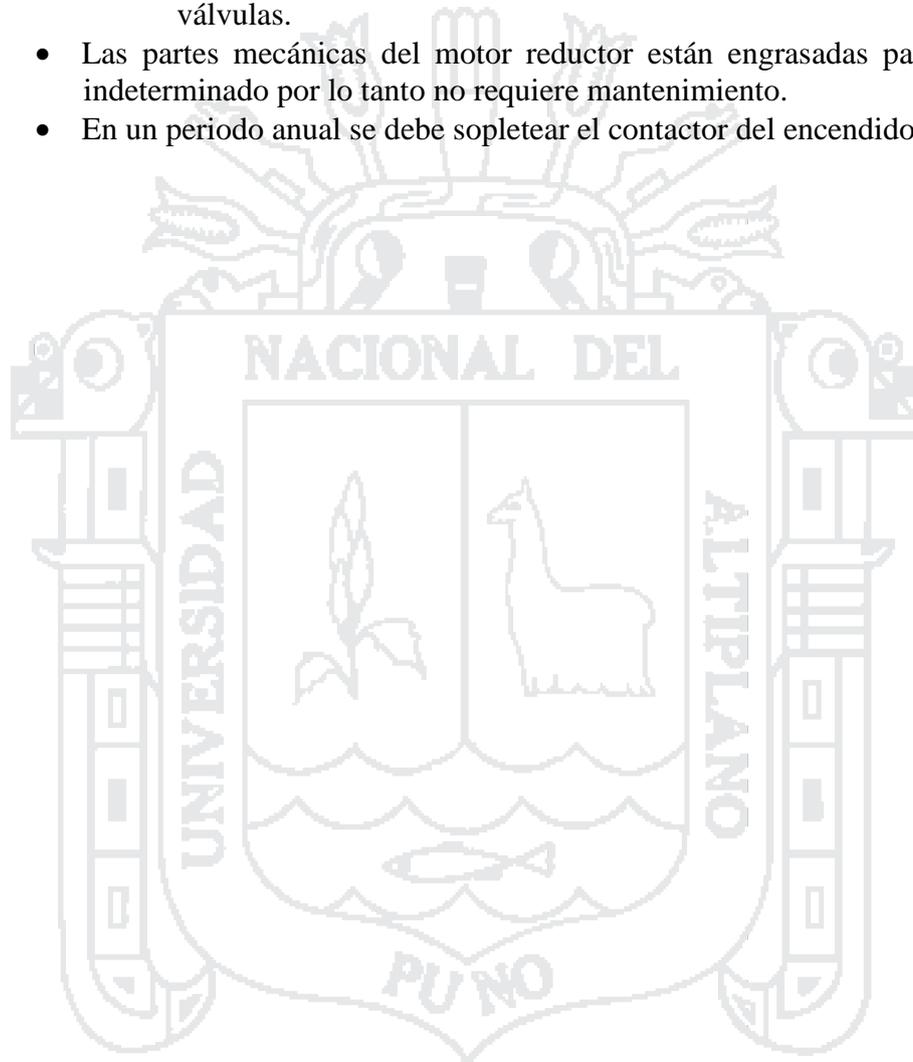
C) LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

LIMPIEZA

- 1.- Después del uso desconectar la maquina de las fuentes a las que esta conectada
- 2.- Luego se procede a enjuagar la olla y abrir la válvula de vaciado par que salgan los residuos.
- 3.- Se puede usar detergentes / desinfectantes con un posterior enjuague con abundante agua.
- 4.- La limpieza de la superficie externa se debe hacer con un trapo húmedo
- 5.- Para la limpieza no usar sistemas abrasivos.

MANTENIMIENTO

- La maquina requiere un mantenimiento mínimo.
- El motor requiere cambio de rodamiento después de un servicio de 20000 a 30000 horas.
- Las cuchillas deben afilarse cada 3000 horas de uso.
- En el caso de presentarse goteos en el motor se recomienda el cambio de válvulas.
- Las partes mecánicas del motor reductor están engrasadas para un tiempo indeterminado por lo tanto no requiere mantenimiento.
- En un periodo anual se debe sopletear el contactor del encendido del molino.



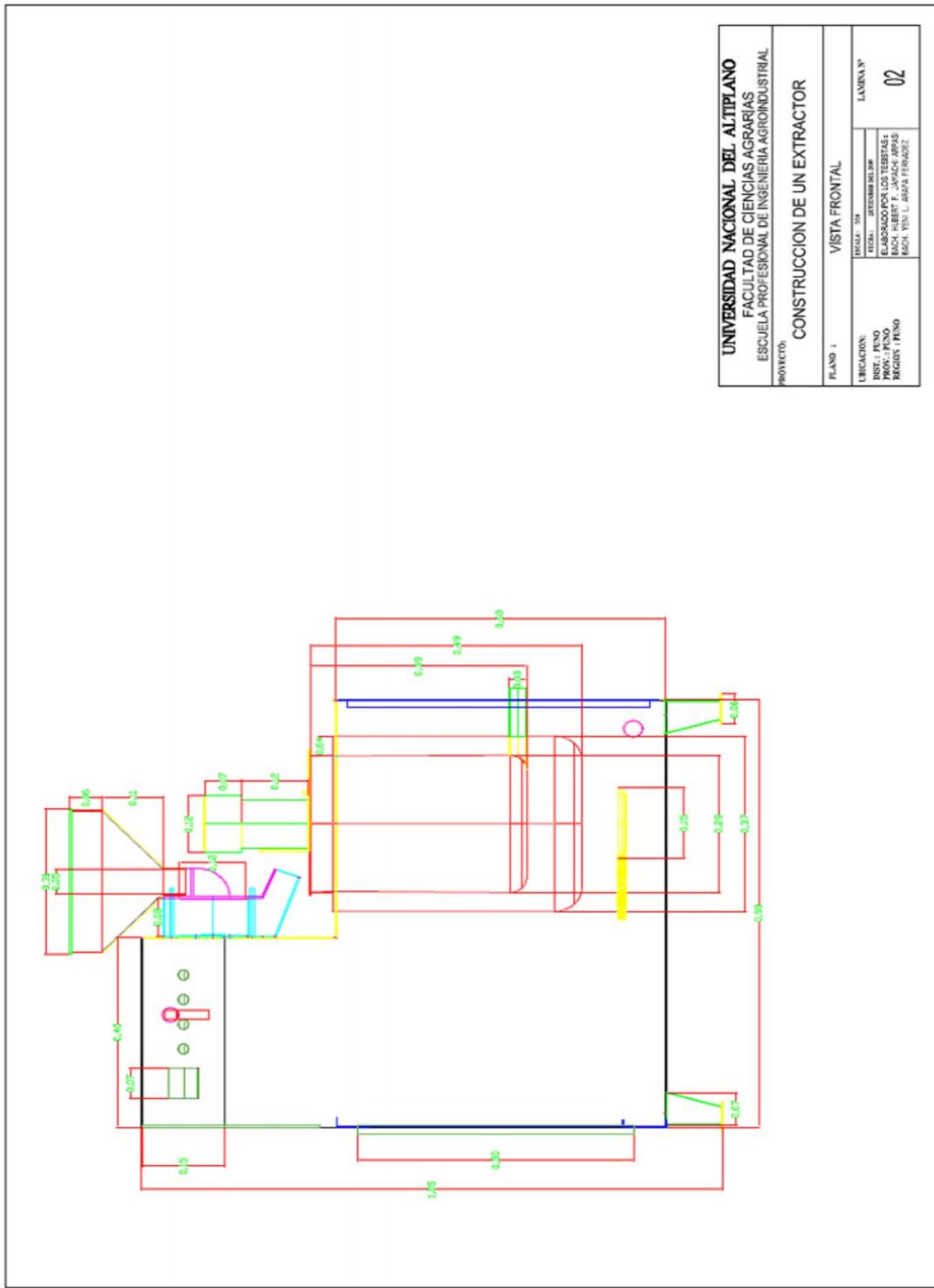
ANEXO 15

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO

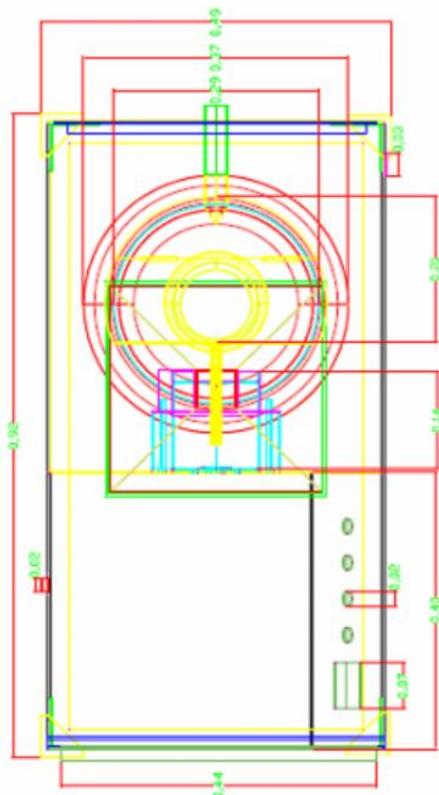
CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Peso	120 kg
Dimensión externa	0.47 x 0.98x 1.05 m
Voltaje de alimentación	220 v
Frecuencia	60 hz
Potencia del motor	1 hp
Velocidad del motor	1750 rpm
Capacidad del molino	3 kg max
Capacidad de la olla	25 lt max.
Sistema de agitación	1 Hp 158 rpm
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 340 amagnético *

RECOMENDACIONES PARA EL EQUIPO

- El equipo esta diseñado para elaborar exclusivamente leche vegetal a partir de cereales y leguminosas con una capacidad de 20Lt.
- El molino esta diseñado para productos con dureza similar al de la soya.
- Los motores deben estar encendidos antes de recibir carga.
- No se debe incrementar el solido a más de 3Kg.
- La materia prima debe ser rehidratada antes de su molienda.
- La molienda debe realizarse con ingreso de agua.

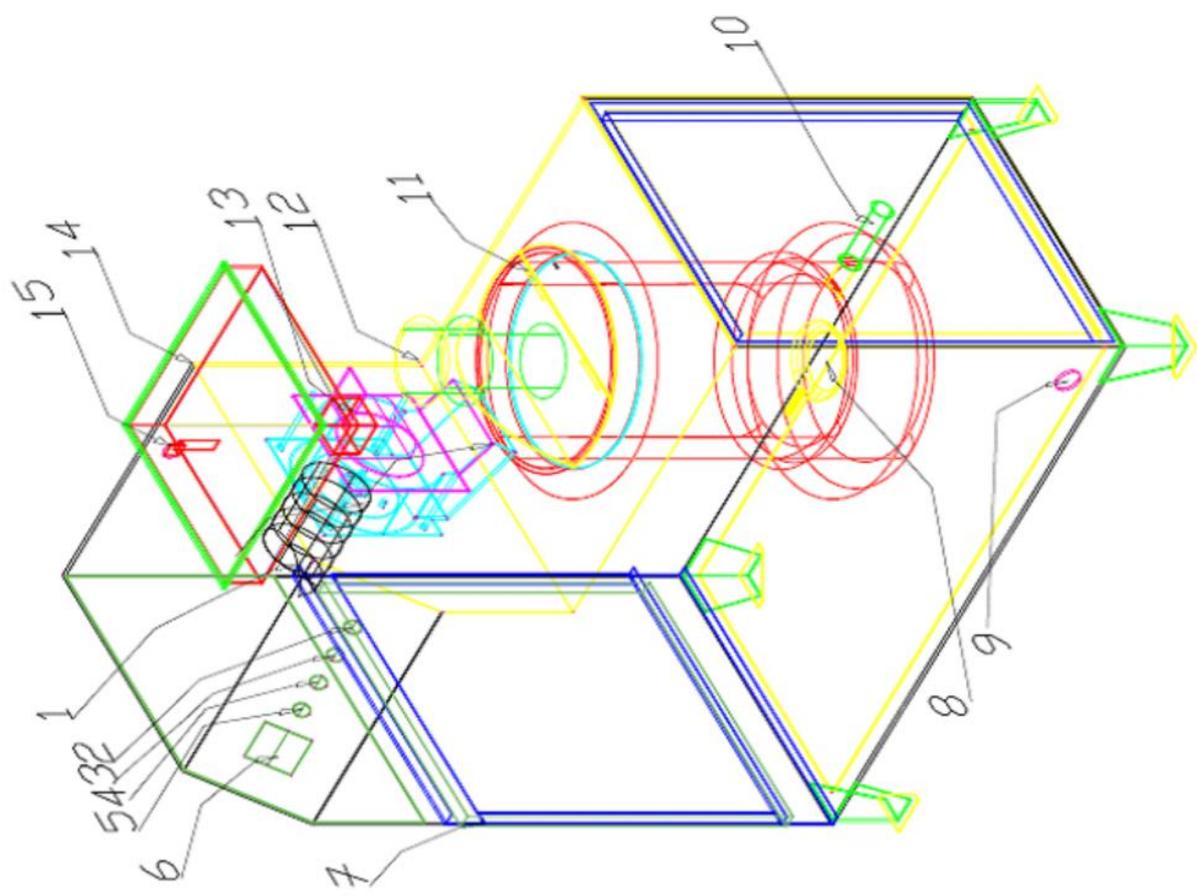


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL	
PROYECTO: CONSTRUCCION DE UN EXTRACTOR	
PLANO : VISTA FRONTAL	
UBICACION: DIST.: PUNO PROV.: PUNO REGION : PUNO	ESCALA: 3M FECHA: SETIEMBRE DEL 2016 ELABORADO POR LOS TERCEROS: RAFAEL HERBERT F. JAVACHA JARRAS RAFAEL VINI L. JARAFA FERNANDEZ
LAMINA N° 02	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL	
PROYECTO: CONSTRUCCION DE UN EXTRACTOR	
PLANO : VISTA EN PLANTA	
UBICACION: DISEÑO: PUNO PROYECTO: PUNO REGION: PUNO	TITULO: 04 ELABORADO POR LOS TITULADOS: BACH. CHRISTIAN JAVIER JIMENEZ BACH. TEN. L. JARPA FERNANDEZ
LAMINA N° 04	

LEYENDA	
1	MOTOR DEL MOLINO
2	INTERRUPTOR AUXILIAR
3	INTERRUPTOR PARA EL AGITADOR
4	INTERRUPTOR PARA EL MOLINO
5	INTERRUPTOR PARA LA FUENTE
6	PIROMETRO
7	COMPUERTA
8	QUEMADOR
9	SALIDA/AUXILIAR ((220V)
10	VALVULA DE VACIADO
11	ENCHAJETADA
12	MOTOR DEL AGITADOR
13	AREA DE INGRESO PARA EL MOLINO
14	TOLVA DE ALIMENTACION
15	VALVULA DE ACCESO PARA AGUA

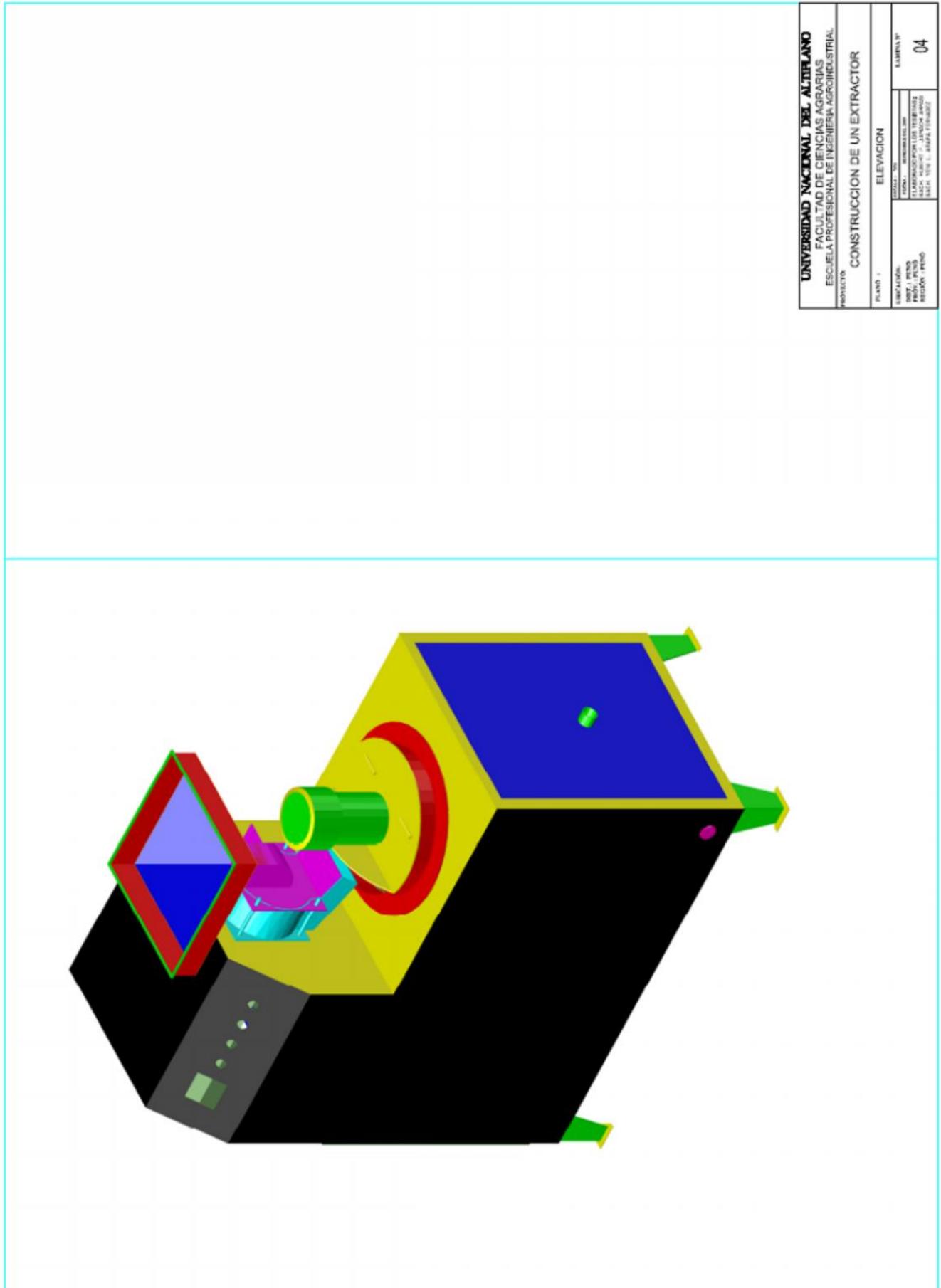


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
 PROYECTO:
CONSTRUCCION DE UN EXTRACTOR

PLANO : ISOMETRICO Y DISTRIBUCION

ELABORADO POR: [Nombre]
 REVISADO POR: [Nombre]
 APROBADO POR: [Nombre]
 FECHA: [Fecha]

LAJUNTA Nº: 05



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL	
PROYECTO: CONSTRUCCION DE UN EXTRACTOR	
PLANO: ELEVACION	
TITULO: ... AUTOR: ... ASISTENTE: ... ASISTENTE: JAYSON ANZO ASISTENTE: L. RAMA FERRAZ	LAMINA N° 04