

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

" Obtención de una Bebida Fermentada (fermentación ácido-láctica) a
base de Semilla de Chenopodium Quinoa Germinada"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Presentado por:

Cynthia Campos Quiroz

Meily Ponce Lay

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme salud, valentía y sabiduría para cumplir esta meta propuesta. Quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron directa o indirectamente en este proyecto.

Cynthia Campos Q.

A Dios por otorgarme paciencia, guía, su gran bendición y amor. A mi esposo, hijos y a mi madre por ser mi fortaleza y motivación para seguir adelante. A mi compañera Cynthia Campos por su empeño y consideración. Y a Patricio Cáceres por su ayuda, orientación y apoyo para realizar este trabajo.

Meily Ponce Lay.

DEDICATORIA

A mi padre que desea verme feliz terminando esta etapa de mi carrera, a mi madre que siempre me inculcó valores y mi modelo a seguir como mujer, a mi Chicho y Joaquín que me llenan de amor y me hacen la vida mejor, a mis hermanas que son mis mejores amigas y siempre me guían y a mi tía Carmen (+) por su apoyo incondicional.

Cynthia Campos Q.

A mi padre, que en paz descansa, que siempre quiso verme feliz y realizada como profesional, a mi madre por sus consejos y su gran ejemplo, a mi esposo por inspirarme a ser mejor cada día, a mis hijos mi razón de vivir para ser su apoyo constante en sus vidas y sobre todo a Dios, Jesucristo y al Espíritu Santo por ser mi fuente de energía, sapiencia, Fe y protección.

Meily Ponce Lay.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

CYNTHIA IVONNE CAMPOS QUIROZ.

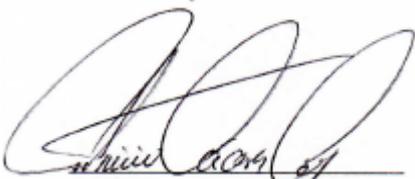
MEILY PONCE LAY.

PATRICIO JAVIER CACERES COSTALES, Ph.D

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.


CYNTHIA CAMPOS Q.
Autor 1


MEILY PONCE L.
Autor 2


PATRICIO CACERES, Ph.D
Tutor de Materia Integradora

RESUMEN

El proyecto que se describe a continuación muestra el desarrollo de una bebida fermentada de Quínoa (*Chenopodium quínoa*), la cual fue escogida por su alto contenido de aminoácidos esenciales y antioxidantes, tomando en cuenta, además, el proceso de germinación de la semilla como una estrategia para mejorar el valor biológico de la bebida. Inicialmente, se prepararon tres muestras de bebidas de quinua procedente de harinas de semilla sin germinar, remojada y germinada, la cual, la formulación no presentó variaciones en sus cantidades. Posteriormente, estas bebidas de quinua se sometieron a fermentación, en donde se utilizó un cultivo láctico de cepas de *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, a una temperatura de incubación de $40^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ y tomando el valor de pH cada hora para obtener una curva de cinética de fermentación y finalmente, se realizaron análisis bromatológicos a las harinas de quinua para hacer una valoración nutricional; y su empleo en la cantidad adecuada dentro de la fórmula y una vez que se obtuvo la bebida fermentada se evaluaron sus características físicas y sensoriales. La bebida de quínoa germinada presento mejores características fisicoquímicas y sensoriales y a su vez, se determinó que el proceso de germinación influye sobre la cinética de fermentación y sobre la aceptación de la bebida fermentada por parte del consumidor.

Palabras claves: Quínoa, Bebida Fermentada, Germinación

ABSTRACT

The project described below shows the development of a fermented drink of Quinoa (Chenopodium quinoa), which was chosen for its content of essential amino acids and antioxidants, considering, in addition, the germination process of the seed as a strategy to improve the biological value of the drink. Initially, three samples of quinoa drinks per year were prepared from ungerminated, soaked and germinated seed flours, which, the formulation does not present variations in their quantities. Subsequently, these quinoa drinks were subjected to fermentation, where a liquid of strains of Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus and Streptococcus thermophilus, an incubation temperature of 40 ° C ± 1 ° C and the pH value every hour to obtain a fermentation kinetic curve and finally, bromatological analyzes are carried out on quinoa flours to make a nutritional assessment; and its use in the right amount within the formula and once it obtained the fermented drink its physical and sensory characteristics were evaluated. The germinated chemistry drink showed better physicochemical and sensory characteristics, and, in turn, it was determined that the germination process influences the fermentation kinetics and the acceptance of the fermented beverage by the consumer.

Keywords: Quinoa, Fermented Drink, Germination

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 Marco teórico.....	2
1.2.1 Quinoa.....	2
1.2.2 Proceso de Germinación.....	4
1.2.3 Fermentación Láctica	5
1.2.4 Características del Producto	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. Metodología	7
2.1 Materia Prima	7
2.2 Germinación de la Semilla de Quinoa	7
2.3 Formulación de la Bebida de Quinoa	8
2.4 Procedimiento de Elaboración de Bebida de Quinoa Germinada	8

2.5	Determinación de Características Fisicoquímicas (Viscosidad, Densidad y pH).	9
2.6	Determinación de Proteínas, Grasas, Ceniza, Humedad y Carbohidratos.....	9
2.7	Evaluación Sensorial.....	10
CAPÍTULO 3.....		12
3.	Resultados	12
3.1	Composición Proximal de la Harina de Quinua	12
3.2	Propiedades Fisicoquímicos de la Bebida de Quinua	15
3.3	Evaluación Sensorial.....	19
3.4	Diseño del Proceso de la Bebida Germinada de Quinua	19
3.5	Selección de Equipos.....	22
3.6	Costos de Fabricación.....	25
CAPÍTULO 4.....		27
4.	Conclusiones.....	27
4.1	Conclusiones.....	27
4.2	Recomendaciones.....	28
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FAO	Food and Agriculture Organization
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de La Producción
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
ISO	International Standard Organization
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
OMS	Organización Mundial de la Salud
USDA	Departamento de Agricultura y Servicio de Investigación Agrícola de Estados Unidos
UMB	Unidad de Medida Base

SIMBOLOGÍA

As i	Área de transferencia de calor interior
As o	Área de transferencia de calor exterior
cp	Calor específico
di	Diámetro del impelente
Di	Diámetro interno del tanque
Do	Diámetro externo del tanque
G	Gramo
g	Gravedad
h i	Coefficiente de transferencia por convección en el interior del tanque
h o	coeficiente de transferencia por convección en el exterior del tanque
H	Altura del tanque
k	Conductividad térmica
KCAL	Kilocalorías
Kg	Kilogramo
KJ	Kilojoule
LMTD	Diferencia media logarítmica
mg	Miligramo
N	Revoluciones
NTU	Unidades térmicas de transferencia
Nu	Número de Nusselt
PCI	Poder calorífico inferior
Pr	Número de Prandtl
Q	Calor
Re	Reynolds
t	Tiempo
t 1	Temperatura del fluido frío a la entrada
t 2	Temperatura del fluido frío a la salida
T	Temperatura
T1	Temperatura de fluido caliente a la entrada
T2	Temperatura del fluido caliente a la salida
W	Flujo másico del fluido en la chaqueta
Xi	Fracción
Q	Razón de calor
m ⁱ	Flujo másico
β	Coefficiente de expansión volumétrica
ε	Eficiencia
μ	Viscosidad
ρ	Densidad

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Partes del Grano de Quinoa (<i>Chenopodium Quinoa</i>)	5
Figura 2.1 Germinación de la Quinoa (<i>Chenopodium Quinoa</i>)	7
Figura 2.2 Quinoa Germinada.....	8
Figura 3.1 Contenido de Carbohidratos en las Harinas de Quinoa.....	12
Figura 3.2 Contenido de Proteínas en las Harinas de Quinoa.....	13
Figura 3.3 Contenido de Grasas en las Harinas de Quinoa.....	13
Figura 3.4 Contenido de Cenizas en las Harinas de Quinoa	14
Figura 3.5 Porcentaje de Humedad en las Harinas de Quinoa.....	14
Figura 3.6 Curva pH vs Tiempo	16
Figura 3.7 Curva: Torque Vs. Deformación	18
Figura 3.8 Diagrama de Proceso de una Bebida Germinada de Quinoa.....	21
Figura 3.9 Layout de la Planta de Producción	23
Figura 3.10 Diagrama de Equipos de Bebida de Quinoa Germinada	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Valor nutricional de la quinua.....	3
Tabla 2.1 Codificación de muestras.....	10
Tabla 3.1 Viscosidad y Densidad.....	17
Tabla 3.2 Torque y Deformación (D).....	17
Tabla 3.3 Valores de m, k y viscosidad efectiva	18
Tabla 3.4 Selección de Equipos.....	22
Tabla 3.5 Costo Total de Fabricación	25

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La Quínoa (*Chenopodium quínoa*) es un alimento originario de América del sur, donde la literatura indica que civilización Inca fueron los primeros en cultivar este alimento hace más de 5 millones de años. Según la organización mundial de la salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), indican que este alimento brinda gran aporte nutricional al consumidor, debido al alto porcentaje de proteínas y aminoácidos esenciales de origen vegetal.

La germinación desencadena en las semillas algunos procesos enzimáticos que mejoran su digestibilidad y aumentan su valor nutricional, en la cual, este proceso de germinación está conformada por 3 fases: imbibición, activación y crecimiento post-germinación. Como primera fase se encuentra la imbibición, donde principalmente se produce la absorción del agua durante las primeras 18 horas. Posteriormente, se encuentra la segunda fase llamada activación, en la cual, consiste en la activación del metabolismo de la semilla de quinua, que provoca cambios considerables tanto bioquímicos y fisiológicos, y finalmente se presenta la fase de post-germinación, donde comienza el crecimiento del coleóptilo y la radícula. La temperatura en esta última fase afecta a la tasa de crecimiento del brote (Goyoaga, 2005). La germinación se presenta como un proceso natural, de bajo costo, que provoca transformaciones bioquímicas que dan como resultado un alimento con mejores propiedades funcionales y nutricionales. (Cáceres, 2015).

En cuanto a los alimentos fermentados pueden considerarse predigeridos incluso para personas con organismos digestivos débiles. Estos productos germinados y fermentados son una alternativa para la alimentación de las personas que presentan este tipo de alteración intestinal, debido a que son fácilmente absorbidos y les brinda un mejor estilo de vida.

En este trabajo de materia integradora se va a desarrollar un producto fermentado tipo yogurt a base a la semilla de *Chenopodium quínoa*, evaluando el crecimiento

de brotes cada día para su posterior secado y molienda, de manera que se obtiene una harina, que será la materia prima predominante para la formulación de la bebida tipo yogurt. Así mismo determinar las condiciones adecuadas para su proceso y caracterización.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Desarrollar una bebida fermentada (fermentación ácido-láctica) a partir de quinua evaluando el efecto de la germinación en las semillas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de la germinación de la quinua sobre la composición proximal de sus harinas.
- Evaluar el uso de las harinas de quinua en el proceso de fermentación, y su efecto sobre las características sensoriales y propiedades fisicoquímicas de la bebida.
- Diseñar un proceso industrial para el uso de harina de quínoa en la elaboración de una bebida fermentada considerando los costos de fabricación y los equipos necesarios.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Quinua

1.2.1.1 Origen

La quinua (*Chenopodium quinua*), en quechua es "kinwa"; es un pseudocereal que se cultivaba antes de la llegada de los españoles en todo el imperio incaico. Era considerada como un alimento sagrado; empleada en usos medicinales y en las fiestas religiosas se le ofrecía al dios sol en una fuente de oro. El Inca era quien iniciaba la siembra en una ceremonia especial.

1.2.1.2 Tipos de Quinua

La quinua comprende una gran variedad genética con diferentes características, como: altas y bajas, diversidad del color del grano, contenido de saponina, forma de hojas y color del tallo (Bacigalupo y Tapia, 2000). Además, se clasifican según la concentración de saponina: amarga, $\geq 0.11\%$ de saponinas y dulce, $\leq 0.11\%$ (Koziol, 1990).

1.2.1.3 Composición de la Quinua

Excelente fuente de macronutrientes, especialmente proteínas con alto contenido de aminoácidos esenciales, por lo que difiere de los cereales comunes (FAO, 2013). Además, representa una buena fuente de micronutrientes como vitaminas, minerales (Nowak, Du y Charrondièrre, 2016; Stikic et al., 2012) y compuestos fenólicos (Dini, Tenore y Dini, 2010). Con capacidad antioxidante que previene de enfermedades como: cáncer, alergias, enfermedades inflamatorias y cardiovasculares (Tang et al., 2015).

A continuación, se detalla el valor nutricional de la quinua:

Tabla 1.1 Valor nutricional de la quinua

Componente	%
Proteína	12 - 14
Grasa	5 - 7
Carbohidrato	64 - 72
Ceniza	2 - 3

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

1.2.1.4 Producción de Quinua en el Ecuador

Durante el año 2015, la quinua ocupó el puesto 24 en producción entre los principales cultivos del país, con 12,707 toneladas y una

superficie cosechada de 7,148 hectáreas según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2015).

1.2.2 Proceso de Germinación

La germinación representa la técnica más económica y efectiva para aportar a nuestro cuerpo macronutrientes y micronutrientes encargados de la energía vital necesitada diariamente. El proceso se inicia cuando la semilla se hidrata y la radícula empieza a crecer, y finaliza cuando la radícula atraviesa la cubierta seminal. Comprende tres fases: la imbibición (aumenta la actividad respiratoria), la germinación sensu stricto y la fase de crecimiento (el proceso se vuelve irreversible).

1.2.2.1 Beneficios

Son considerados alimentos funcionales por ser predigeridos, sus micronutrientes como: vitaminas, minerales, y macronutrientes como: proteínas, carbohidratos, ácidos grasos, donde, a su vez, se encuentran más disponibles, facilitándose su asimilación y aprovechamiento en el organismo, provocando una regeneración del torrente sanguíneo y de los procesos digestivos.

Este proceso también incrementa el contenido de compuestos funcionales como los antioxidantes y además se obtienen alimentos con alta aceptabilidad organoléptica. También, ayuda a prevenir o mejorar diversas condiciones en la salud humana; contribuye con la disminución de la desnutrición en infantes, madres gestantes y madres lactantes.

1.2.2.2 Germinación de la Quinua

Estas semillas tienen la capacidad de germinar a temperaturas de 0 °C aproximadamente y soporta breves condiciones de congelación y a la vez poseen tolerancia al estrés hídrico, la salinidad, la pérdida de

agua y mantienen la viabilidad, recuperando las funciones vitales al ser rehidratadas (Bertero y Benech-Arnold, 2000).

En regiones de cultivo templadas, donde presentan alta humedad ambiental durante la respectiva maduración de las semillas de quinua, la dormición es una característica deseable, ya que reduce considerablemente la capacidad de germinación en la etapa previa a la cosecha (Bertero *et al.* 2001).

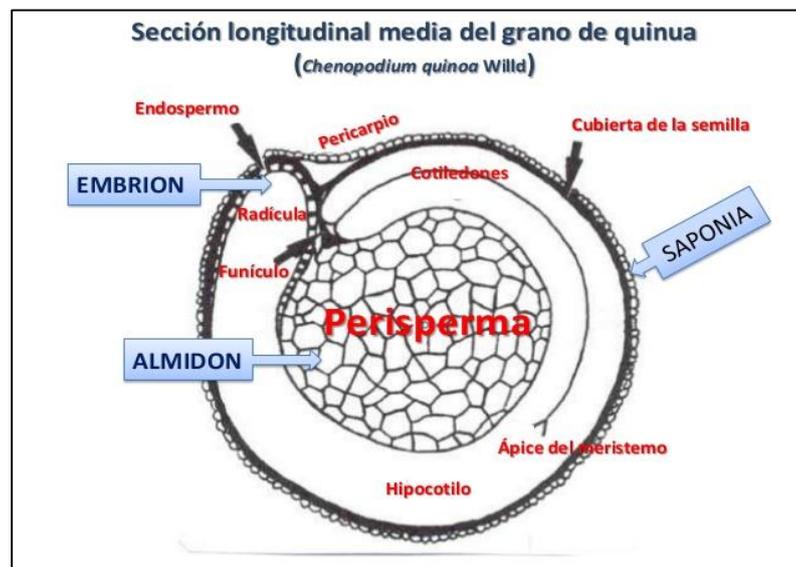


Figura 1.1 Partes del Grano de Quinua (*Chenopodium Quinoa*)

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

1.2.3 Fermentación Láctica

La fermentación es un proceso de obtención de energía en ausencia de oxígeno (anaeróbicas), donde se utiliza glucosa para obtener ATP y ácido láctico.

1.2.3.1 Microorganismos Utilizados en la Fermentación Láctica

Los microorganismos utilizados en la fermentación láctica son gram positivas, la cual, su principal acción es la fermentación de los hidratos de carbono convirtiéndolos en ácido láctico. Los géneros más representativos en la fermentación láctica son: *Lactobacillus Spp.*, *Bifidobacterium Spp.*, *Pediococcus Spp.*, entre otros. (Parra, 2010).

Cuando se busca este tipo de bacterias es recomendable que sean termoresistentes, con una fermentación rápida, que crezcan en medios ácidos (pH<7), que presenten poca producción de biomasa y una despreciable cantidad de subproductos. Para de esta manera asegurar la producción de alimentos de calidad y de bajo costo de producción.

1.2.4 Características del Producto

1.2.4.1 Bebidas con fermentación ácido láctica

Existen sustitutos vegetales como una alternativa para la obtención de productos o alimentos fermentados. Sin embargo, un problema que presentan todos estos sustitutos vegetales de la leche es que tienen muy baja aceptación sensorial (Nnam, 2003). Por ello, las fermentaciones implicadas a los alimentos vegetales muestran una enorme complejidad (García, 2004).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Materia Prima

Se utilizaron granos de quinua de variedad *Tunkahuan*, por ser bajos en saponinas y fueron donados por INIAP.

2.2 Germinación de la Semilla de Quinua

Las semillas de Quinua se enjuagaron con agua destilada sobre un recipiente esterilizado con hipoclorito de sodio al 0.1% (0.1 ml ClONa/ 100 ml agua) durante 30 minutos para después escurrir el agua. Luego se coloca las semillas en un recipiente con agua destilada (relación semilla: agua destilada, 1:5 p/v) por 24 horas.



Figura 2.1 Germinación de la Quinua (*Chenopodium Quinoa*)

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

El agua se escurrió y las semillas se ubicaron en unas rejillas que estaban debajo de papel filtro empapados con agua destilada. Estas rejillas se pusieron en unas bandejas de plástico que contenían agua destilada. Se guardaron estas bandejas en una estufa (SHEL LAB Gravity Convection Laboratory Oven, 5.0). La germinación se la realizó a 25°C por 48 horas.



Figura 2.2 Quinoa Germinada

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Finalmente, las muestras se secaron en una estufa a 40°C por 24 horas, y se homogenizaron utilizando un molino de martillos (marca Tracsa MR20). Las muestras pulverizadas se envasaron en fundas estériles herméticas y se sellaron al vacío hasta el momento de los análisis fisicoquímicos.

2.3 Formulación de la Bebida de Quinoa

Se estableció como fórmula para la bebida de quinoa: 87,5% extracto (ver numeral 2.4), 7% azúcar, 5% glucosa y 0.5% de gelatina sin sabor según estudios previos de investigación de la facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de La Producción (FIMCP).

2.4 Procedimiento de Elaboración de Bebida de Quinoa Germinada

Utilizando una relación harina de Quinoa: agua, 1:4 se mezcló en una licuadora (Marca Oster 4655) por 3 minutos. Se separó el extracto obtenido de los componentes sólidos de la mezcla utilizando un liencillo fino (mesh) y se le agregó azúcar, glucosa y gelatina sin sabor según lo mencionado anteriormente mezclando de forma homogénea. Se calentó la mezcla en una olla de acero inoxidable y luego se enfrió.

De acuerdo con la Norma INEN-2395 de Leches Fermentadas, se debe usar un contenido mínimo de cultivo de $10^6 UFC$. Para la preparación del cultivo

se agregó 1 gramo de inóculo en 100ml de agua destilada. Luego, se mezcló el extracto líquido de quinua con el inóculo activado en un vaso de precipitación y se agitó por 30 segundos. La bebida inoculada se colocó en una estufa a una temperatura de 40°C durante 4 horas con la finalidad de crear las condiciones óptimas para la fermentación. Se tomó muestras cada hora evaluando su pH hasta llegar a $\leq 4,4$. Una vez que el pH se alcanzó las muestras fueron enfriadas rápidamente a 4°C para detener la fermentación. Las muestras fueron almacenadas en refrigeración (4°C).

2.5 Determinación de Características Fisicoquímicas (Viscosidad, Densidad y pH)

Para la determinación de las características fisicoquímicas se utilizó el viscosímetro (marca Brookfiel modelo: DV-11+PRO a 30 RPM a 21°C, con un spindle número 62) que nos da los valores de torque y viscosidad luego usando la fórmula de Deformación (torque/viscosidad) hallamos los datos que nos servirán para realizar la curva Torque vs Deformación. Esta curva nos permite tener los valores de m (índice de flujo) y k (índice de consistencia) para calcular las viscosidades efectivas de cada muestra de harina, para la densidad se aplicó la fórmula general: masa/ volumen, y para la obtención de pH se utilizó el equipo pH metro (Modelo: BT600 – marca: Boeco).

2.6 Determinación de Proteínas, Grasas, Ceniza, Humedad y Carbohidratos

Para la determinación de las características bromatológicas de las harinas de quinua germinadas y sin germinar se tomaron como referencia las normas del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), como ente técnico del Sistema Nacional de la Calidad (NTE INEN 3042:2015).

Para el factor Grasa se usó como guía la Norma INEN- ISO- 11085, en donde, mediante el sistema Soxhlet se obtuvo un extracto final correspondiente al porcentaje de grasa cruda de las muestras. Con respecto

al factor humedad se utilizó una termobalanza (marca Kern / modelo: MLB50-3) del laboratorio de Bromatología de la FIMCP.

Para el factor Ceniza se tomó como referencia la Norma INEN-ISO-2171; donde se tomó el peso inicial de las muestras para someterlas a altas temperaturas y obtener el peso final y para el factor Proteína se aplicó la Norma INEN-ISO-20483 en donde, se determinó el contenido de nitrógeno en la harina de quinua de acuerdo con el método de Kjeldahl y luego se multiplicó dicho valor por el factor de proteína bruta de la harina que en este caso es 6,25.

Finalmente, el factor Carbohidrato se lo calculó mediante la diferencia proximal de todos los factores anteriores teniendo como fórmula la siguiente:

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (\%H_o + \%P + \%G + \%C_e)$$

2.7 Evaluación Sensorial

Se realiza una prueba triangular con un panel de jueces semi entrenados de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. En la **Tabla 2.1** se puede observar la codificación de las muestras que se utilizó para la evaluación.

Tabla 2.1 Codificación de muestras

MUESTRAS	CÓDIGOS	CÓDIGOS DE PRESENTACIÓN
Bebida de quinua germinada	A	4736, 3325
Bebida de quinua no germinada	B	7456, 9789

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Cálculo:

$$x = (0.4714)(z)(\sqrt{N}) + \left(\frac{2N + 3}{6}\right)$$

Donde:

N: número de panelista

Z: cubre α

Z para α de 0.05 = 1.64

Z para α de 0.01 = 2.33

Datos:

N: 48 panelista

Z cubre α de 0.05 = 1.64

$$x = (0.4714)(1.64)(\sqrt{48}) + \left(\frac{(2 * 48) + 3}{6}\right)$$

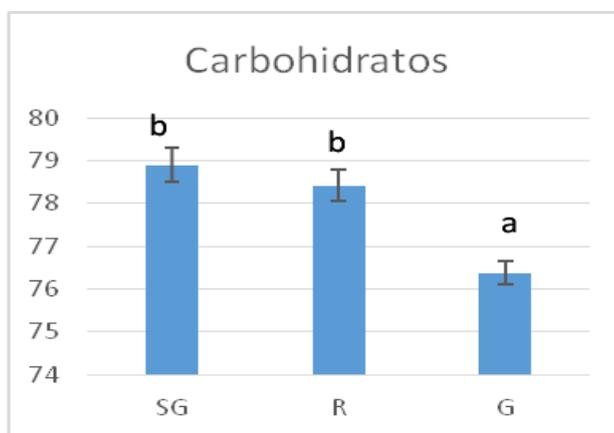
$$x = 21.86 \text{ respuestas correctas}$$

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Composición Proximal de la Harina de Quinua

Las diferencias encontradas en la concentración de carbohidratos como se observan en la **Figura 3.1** para cada muestra de harina, pueden estar relacionadas a que hubo un consumo de carbohidratos, que eleva el porcentaje composicional de los otros componentes como es el caso de las proteínas y grasas (Traore y col., 2004) y además parte de los carbohidratos y otros componentes fueron arrastrados por lixiviación durante el proceso de germinación.

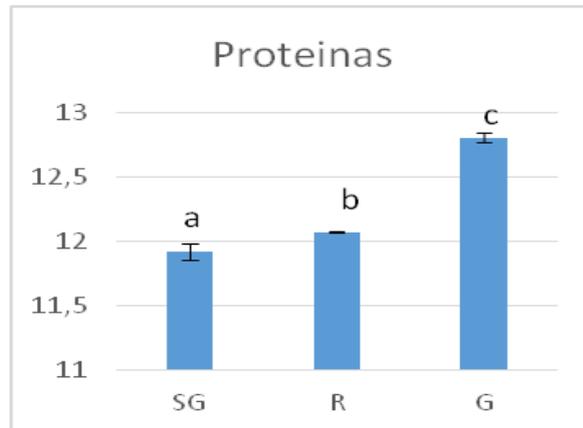


SG: sin germinar, R: remojada, G: germinada

Figura 3.1 Contenido de Carbohidratos en las Harinas de Quinua

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

En la **Figura 3.2** se observa un incremento de proteínas en relación con la muestra germinada de 2 días, que podría darse por la síntesis de enzimas y de sustancias nitrogenadas no proteicas (ácidos nucleicos) presentes en la harina que provocaron el aumento y que se determinó por medio del método de Kjeldahl. (Moongngarm y Saetung, 2010).

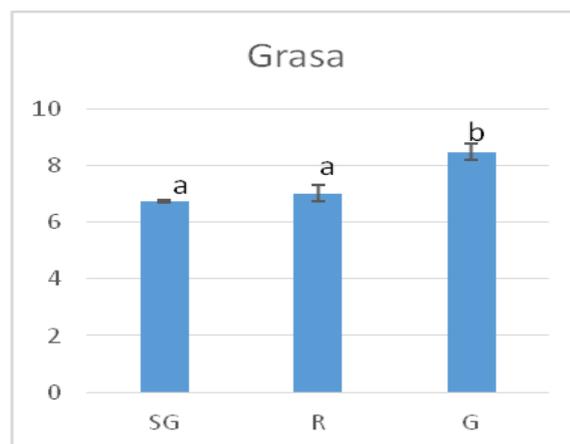


SG: sin germinar, R: remojada, G: germinada

Figura 3.2 Contenido de Proteínas en las Harinas de Quinoa

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

De acuerdo con la composición proximal de la grasa se observa en la **Figura 3.3** que va en aumento en las muestras remojadas y germinadas. El aumento de la grasa puede darse porque durante el proceso de germinación los lípidos son degradados para producir energía, lo que permite el rápido desarrollo de la semilla (Ghorpade y Kadam, 1989), otra razón posible es que se liberan los ácidos grasos que la constituyen.

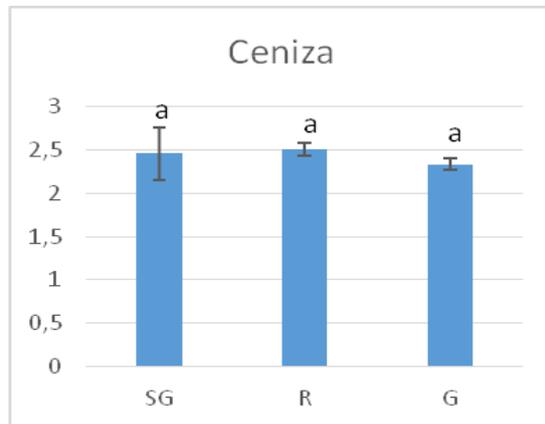


SG: sin germinar, R: remojada, G: germinada

Figura 3.3 Contenido de Grasas en las Harinas de Quinoa

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas en el porcentaje de cenizas entre las muestras analizadas durante la germinación de las semillas, como se puede observar en la **Figura 3.4**.

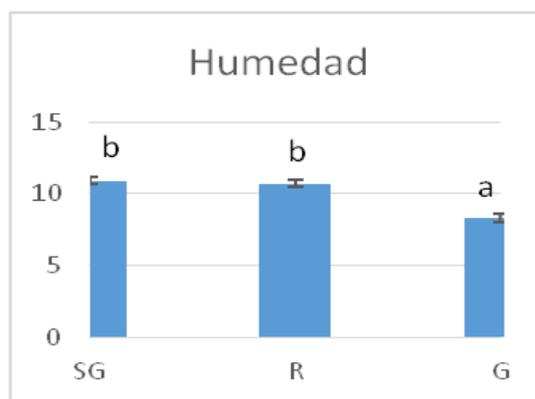


SG: sin germinar, R: remojada, G: germinada

Figura 3.4 Contenido de Cenizas en las Harinas de Quinua

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

En cuanto al porcentaje de humedad, la disminución que se presenta es debido a la lixiviación durante el proceso de remojo de la semilla, donde se puede observar en la **Figura 3.5**, que existen diferencias significativas entre los diferentes tipos de harinas antes mencionadas.



SG: sin germinar, R: remojada, G: germinada

Figura 3.5 Porcentaje de Humedad en las Harinas de Quinua

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Para evaluar las harinas de quinua se utilizó la NTE-INEN 3042 que corresponde a la norma de la harina de quinua. Se evaluaron según la NTE INEN-ISO 712 el valor máximo de contenido de humedad que es 13,5%; por lo cual las tres muestras cumplen los requisitos. Según la NTE-INEN-ISO 20483 en cuanto al porcentaje de proteínas el mínimo es 10%; por lo tanto, las tres muestras cumplen la norma. Según la NTE-INEN-ISO 11085 el valor mínimo de grasa es 4%; por lo que las muestras cumplen lo requerido. Y para el valor máximo de cenizas totales según la NTE-INEN-ISO 2171 es de 3%; para lo cual las tres muestras cumplen. Los valores de las harinas de quinua de este proyecto se encuentran en el **Anexo I**.

3.2 Propiedades Físicoquímicos de la Bebida de Quinua

La fermentación láctica es el proceso bioquímico, donde se inocula un microorganismo específico en el alimento para producir cambios característicos de las bebidas fermentadas. Una de las reacciones más importantes de la fermentación láctica es la transformación de la lactosa en ácido láctico, que produce una disminución del pH y de esta manera se inhibe el crecimiento microbiano. (GIL, 2010)

En la siguiente figura se observa la variación de pH a través del tiempo de las tres bebidas luego del proceso de fermentación. Se puede observar una similitud entre la bebida con quinua remojada y la bebida con quinua germinada, ya que a medida que pasan las horas no alcanzan el pH requerido para este tipo de bebidas ($\text{pH} > 4,5$) porque el valor de pH permanece constante (se evaluó por 6 horas) y se asume que no hubo una producción significativa de ácido láctico, posiblemente porque durante el remojo y germinación se pudo producir bacteriocinas que son moléculas que tienen una estructura tipo péptidos, la cual presenta acción bactericida sobre los receptores específicos de las células. Otro motivo de la falta de producción de los microorganismos ácidos lácticos es que requieren de azúcares como glucosa y lactosa, además de aminoácidos, vitaminas y otros factores para su crecimiento.

Mientras que la bebida con harina sin germinar empieza con un pH elevado y luego de casi 4 horas obtiene un pH de 4,4 con este valor se restringe el crecimiento de la bacteria *Bacillus cereus* lo que supone que hubo la fermentación de carbohidratos, como se puede observar en la **Figura 3.6**.

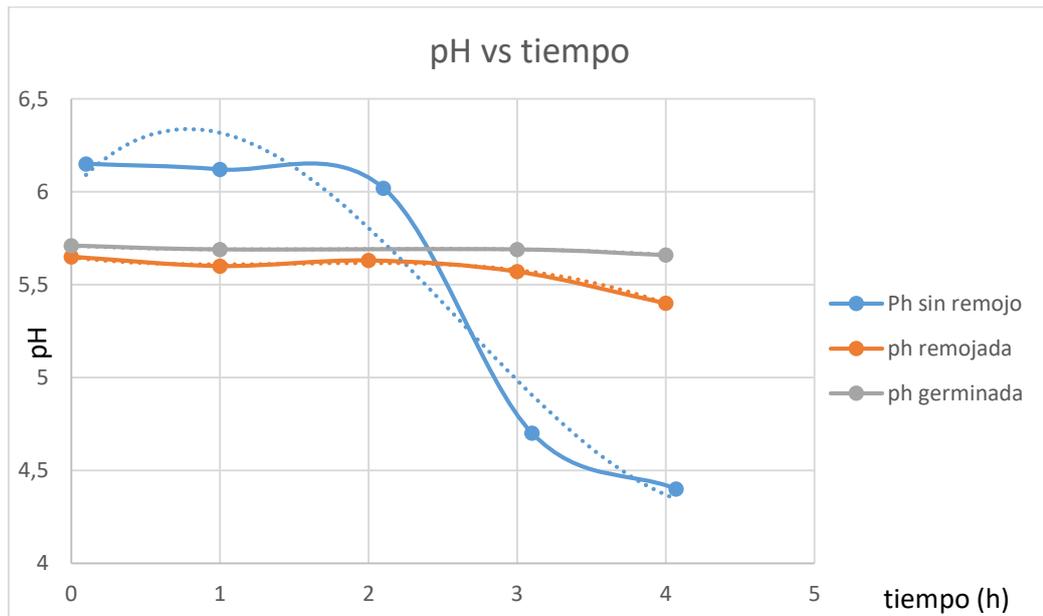


Figura 3.6 Curva pH vs Tiempo

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

En la **Tabla 3.1**, se puede observar los diferentes valores de viscosidad y densidad de los 3 tipos de harinas producidas, donde se puede observar que con respecto a la densidad no existen cambios significativos, lo que probablemente sea porque no varía la cantidad de sólidos entre las muestras. Podemos notar también que existe una disminución de la viscosidad posiblemente porque al bajar el valor de pH los microorganismos usados en el cultivo para la fermentación producen oligosacáridos que aumentan su viscosidad.

Tabla 3.1 Viscosidad y Densidad

Características Físicas	Bebida con Harina Sin germinar	Bebida con Harina Remojada	Bebida con Harina Germinada
Viscosidad Efectiva (Pa/s) a 20 °C	1,29	1,27	1,24
Densidad (kg/m3)	1034	1031	1032

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

En la **Tabla 3.2**, se observa los datos de torque y de deformación, la cual, posteriormente se procedió a realizar la curva: Torque Vs. Deformación, para obtener los valores de m (índice de flujo) y k (índice de consistencia), como se puede visualizar en la **Figura 3.7**.

Tabla 3.2 Torque y Deformación (D)

Torque	D (Sin Germinar)	D (Remojada)	D (Germinada)
32,64	0,6639478	1,6639478	1,6639478
40,6	2,98117278	3,98117278	3,98117278
50	5,17360168	6,17360168	6,17360168
68,64	15,6118103	16,6118103	16,6118103
76,3	23,3187773	21,3187773	33,3187773
76,96	50,6940063	48,6940063	60,6940063
89,62	89,955387	87,955387	99,955387
94,2	124,210976	122,210976	134,210976

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

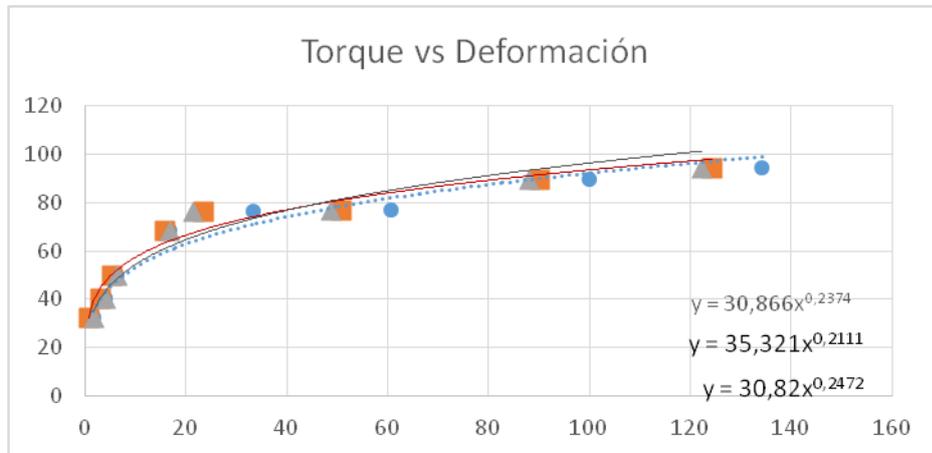


Figura 3.7 Curva: Torque Vs. Deformación

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Mediante la siguiente fórmula se obtuvo los valores de viscosidad efectiva para cada muestra de harina, mediante los valores de m y k. En la **Tabla 3.3** se puede observar estos resultados para cada tipo de harina.

$$\mu_e = K \left[\frac{3m + 1}{4m} \right]^m [8V/D]^{m-1}$$

d: 0,107 (Diámetro Interno de Tubería)

v: 0,378 (Velocidad del Fluido en la Tubería)

Tabla 3.3 Valores de m, k y viscosidad efectiva

	Sin Germinar	Remojada	Germinada
m	0,2111	0,2472	0,2374
k	35,321	30,82	30,866
Viscosidad efectiva (Pa.s)	1,29	1,279	1,24

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

3.3 Evaluación Sensorial

Se realizó la evaluación sensorial de la bebida a base de quinua germinada para un total de 48 panelistas semi entrenados, de los cuales 23 identificaron la muestra diferente en cuanto a olor, color y sabor, basando los datos en el **Anexo V** y la fórmula presentada para un ($\alpha=0.05$) determinó que el mínimo de panelista a acertar la muestra diferente es de 22, por lo tanto concluimos que si existe diferencia significativas entre las muestras dado que el número de panelistas que identificaron la muestra diferente es mayor al mínimo establecido por bibliografía. Se obtuvo una aceptación en la bebida de quinua germinada posiblemente porque las personas tienden a preferir las bebidas menos ácidas, dulces y con un aroma agradable que presentaba.

Hay que recalcar que, durante el proceso de germinación, bajo la influencia de diferentes factores como el agua, calor y oxígeno, se producen procesos biológicos causando cambios positivos, con respecto a la parte sensorial, debido a la presencia de la encima amilasa, el almidón se transforma en azúcares simples y volviendo los granos germinados más sabrosos (Gómez, 2008).

3.4 Diseño del Proceso de la Bebida Germinada de Quinua

En la **Figura 3.8** se muestra el diagrama de flujo del proceso de la fórmula empleada considerando la harina de quinua sin germinar (cap. 2 numeral 2.3) donde se detalla los parámetros de cada etapa del proceso de producción. Las etapas del proceso son:

- Recepción:** Se utilizo quinua (*Chenopodium quinua*) de la variedad blanca *tunkahuan* para este proyecto.
- Lavado:** En esta etapa se limpió el grano de las impurezas y luego se lavó el grano de quinua con agua destilada por 3 ocasiones.

- Remojo:** Se colocó la cantidad de granos de quinua en una bandeja y se le agregó agua destilada en relación quinua: agua 1:2 por 24 horas en un lugar seco y oscuro.
- Lavado y escurrido:** Se realizó entre 4 a 5 lavados y se escurrió hasta eliminar la espuma que se mostraron en los granos.
- Germinación:** Se colocó 20 gramos de muestra remojada en contenedores semiabiertos con papel filtro y con agua destilada dentro de una estufa con temperatura controlada de 25°C durante dos días.
- Secado:** Este proceso se realizó en una estufa a 40°C por 24 horas.
- Molido:** Se llevó la muestra a un molino de martillo y se obtuvo la harina correspondiente.
- Licuada:** Se empleó una relación harina de quinua: agua de 1:4.
- Homogenizado:** la bebida pasa por un homogeneizador para que todos los ingredientes estén mezclados y la textura sea la deseable.
- Filtrado:** Se separó el extracto de los componentes sólidos para asegurar que la bebida esté libre de partículas suspendidas.
- Mezcla y Pasteurización:** se mezclaron todos los ingredientes y se calentó en una olla de acero inoxidable a 90°C por 12,15 minutos.
- Enfriamiento:** se enfrió hasta llegar a una temperatura de 40°C.
- Fermentación:** Se colocó la muestra de bebida inoculada en la estufa a una temperatura de 40°C.
- Enfriamiento:** el producto se lo traslado a una cámara de temperatura controlada a 4°C
- Envasado:** Se procedió a envasar el producto en botellas de plástico.
- Almacenamiento:** se almacenó a 4°C.

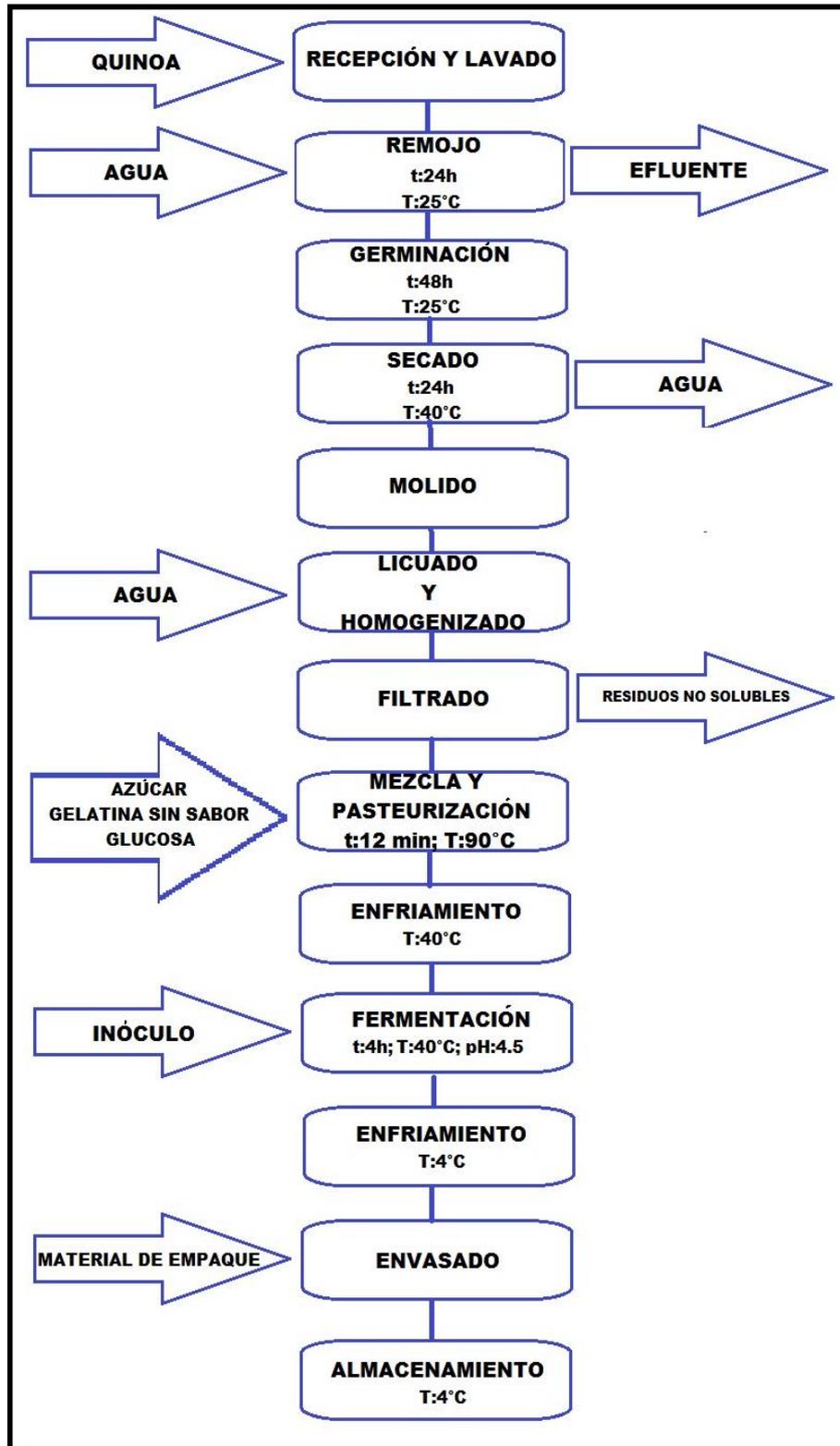


Figura 3.8 Diagrama de Proceso de una Bebida Germinada de Quinoa

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

3.5 Selección de Equipos

En base a una producción mensual de 37790 litros con un batch de 900 litros por parada, se seleccionaron los siguientes equipos detallados en la siguiente **Tabla 3.4**.

Tabla 3.4 Selección de Equipos

Equipo	Característica de diseño	Detalle
Secador	Capacidad, temperatura de operación, velocidad de circulación de aire	Para cubrir el requerimiento de procesar 160 Kg de quinua, se puede operar con 4 secadores bajo el siguiente esquema. 3 paradas consecutivas (con 1 horno trabajando) 2 paradas consecutivas (con 2 hornos trabajando) 1 parada simultanea (con 3 hornos trabajando)
Molino	Capacidad	Se escoge 0,06 Tm por hora para que la velocidad de operación no exceda demasiado la velocidad de operación de la marmita.
Marmita	Capacidad	Se escoge de 900 litros ya que se estima una producción por batch de esa capacidad.
Bomba	Tipo de bomba, potencia, caudal	Se escoge rotatorio por ser ideal para fluidos no newtonianos, el hp definido en cálculos y caudal va acorde al ritmo de operación según el anexo VIII.

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

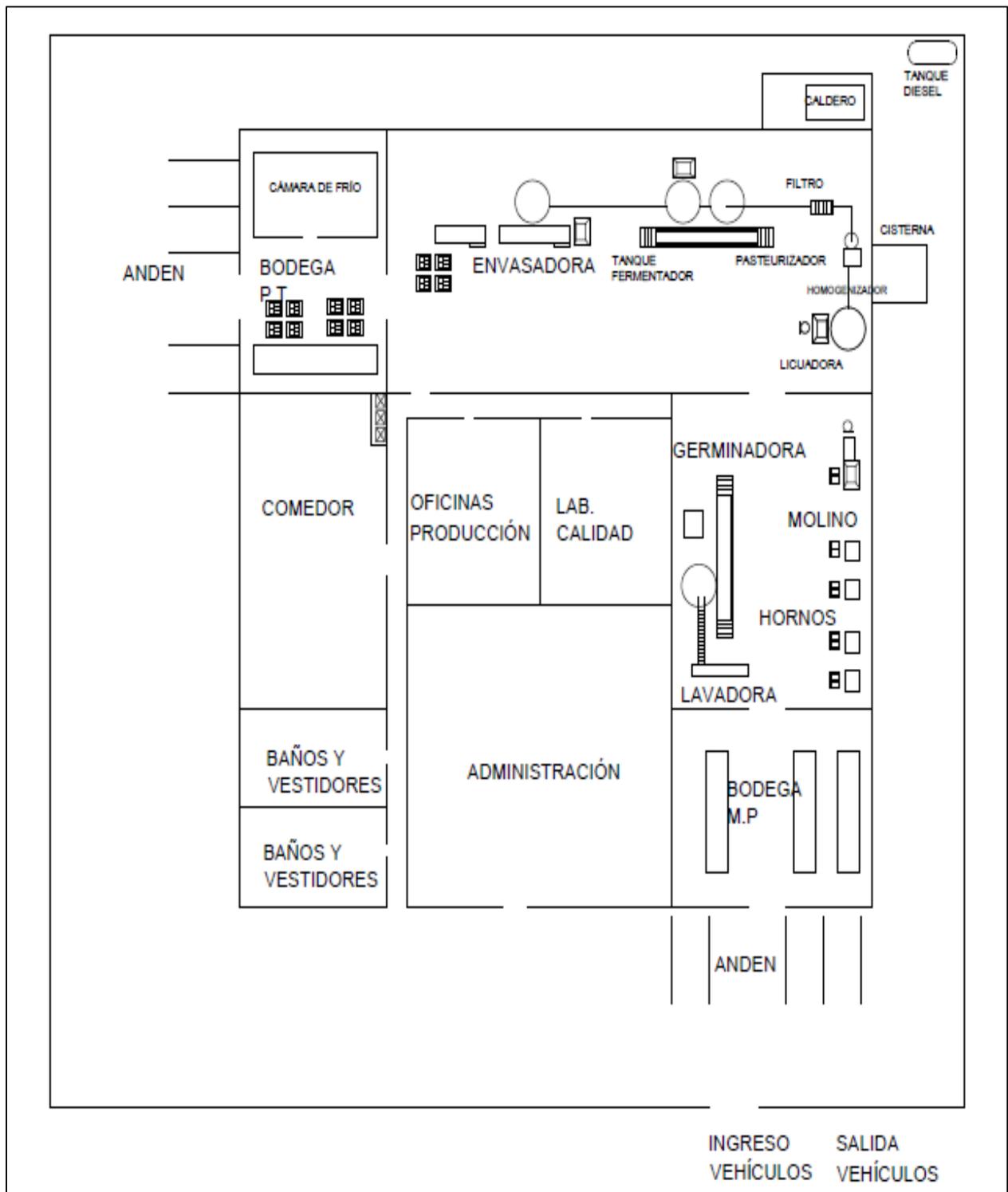


Figura 3.9 Layout de la Planta de Producción

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

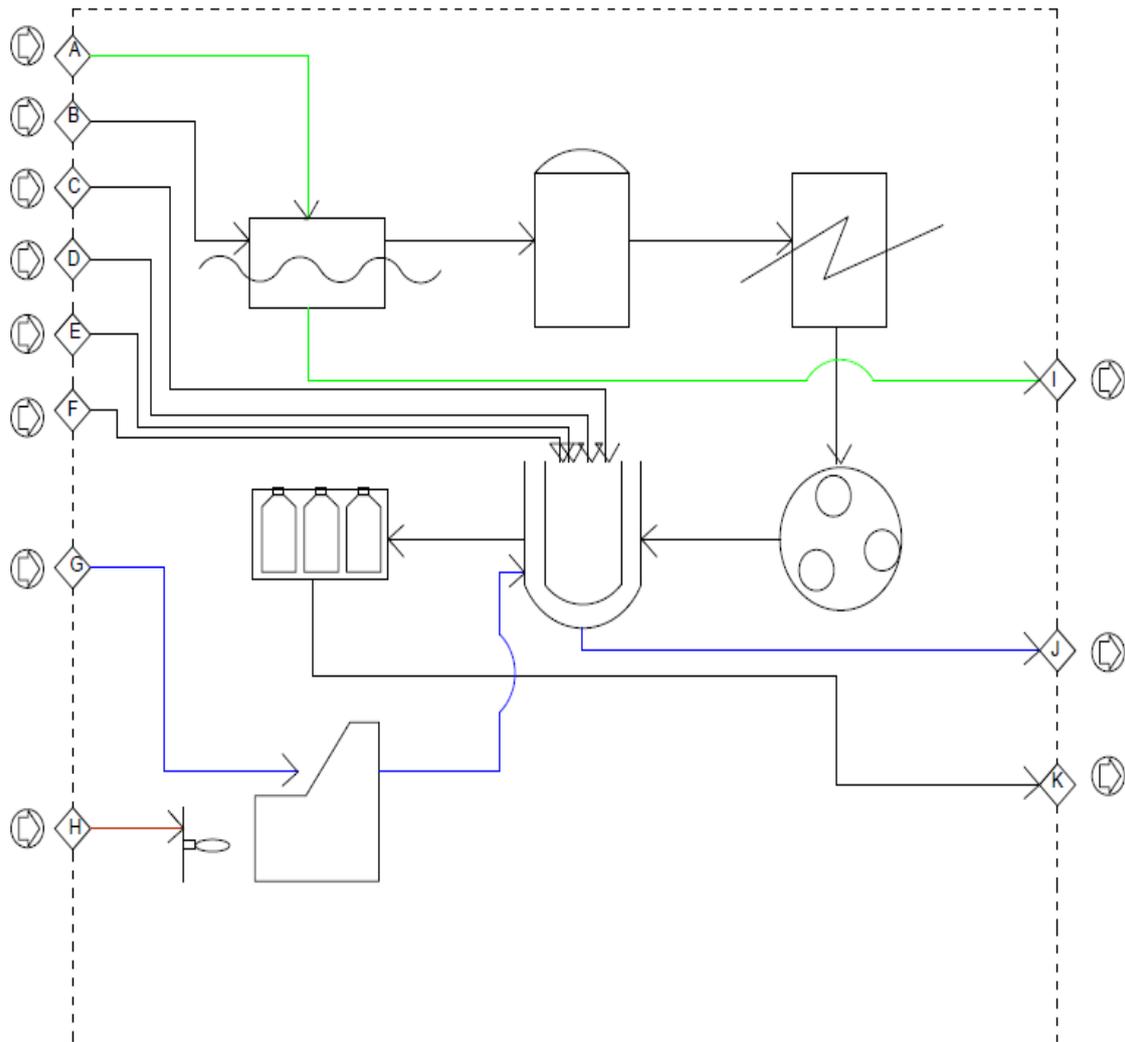


Figura 3.10 Diagrama de Equipos de Bebida de Quinoa Germinada

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Donde:

- A:** Agua de Lavado
- B:** Granos de Quinoa
- C:** Azúcar
- D:** Glucosa
- E:** Gelatina
- F:** Agua de Fórmula
- G:** Agua para Generar Vapor

H: Diesel

-Línea Negra: Flujo de Producto

I: Agua de Lavado (Sucia)

-Línea Azul: Flujo de Agua de Calentamiento

J: Vapor Condensado

-Línea Verde: Flujo de Agua de Lavado

K: Producto Terminado

-Línea Marrón: Diesel

3.6 Costos de Fabricación

En la **Tabla 3.5**, se muestra una cantidad mensual producida de 75581 unidades, con un costo unitario de \$0,84 al que se le aumento un margen de ganancia del 25% dando un PVP de \$1,09.

Tabla 3.5 Costo Total de Fabricación

	INGREDIENTES	CANTIDAD	UMB	COSTO UMB	COSTO BATCH	COSTO kg	COSTO MES
MATERIA PRIMA	Quinoa	7057,05	Kg	\$ 1,76	\$ 59,22	\$ 0,3169	\$ 12.435,33
	Azucar	546	Kg	\$ 0,72	\$ 1,87	\$ 0,0100	\$ 393,12
	Glucosa	390	Kg	\$ 1,20	\$ 2,23	\$ 0,0119	\$ 468,00
	Gelatina	39	Kg	\$ 3,96	\$ 0,74	\$ 0,0039	\$ 154,63
	Inoculo puro	0,6812	Kg	\$ 22.000,00	\$ 71,36	\$ 0,3820	\$ 14.986,40
	Agua	31200	Kg	\$ 0,0007	\$ 0,10	\$ 0,0005	\$ 20,28
MATERIAL EMPAQUE	botella	75581,3953	unid	\$ 0,12	\$ 43,19	\$ 0,2400	\$ 9.069,77
	etiqueta	75581,3953	unid	\$ 0,02	\$ 7,20	\$ 0,0400	\$ 1.511,63
	tapa	75581,3953	unid	\$ 0,03	\$ 10,80	\$ 0,0600	\$ 2.267,44
	caja	3149,22481	unid	\$ 0,30	\$ 4,50	\$ 0,0249	\$ 944,77
	costo total directo				\$ 201,20	\$ 1,09	\$ 42.251,36
MANO DE OBRA	MANO DE OBRA DIRECTA	19	personal	506,947	\$ 45,87	\$ 0,05	\$ 9.632,00
	MANO DE OBRA INDIRECTA	4	personal	1295	\$ 24,67	\$ 0,03	\$ 5.180,00
COSTO INDIRECTO	Energía Eléctrica	536,47	Kwh	\$ 9,33	\$ 0,25	\$ 0,0003	\$ 51,93
	Agua Potable	54214	l	\$ 0,61	\$ 0,16	\$ 0,0002	\$ 33,00
	Telefono	100	min	\$ 0,20	\$ 0,10	\$ 0,0001	\$ 20,00
	Combustibles y lubricantes	968,9	kg	\$ 0,27	\$ 1,46	\$ 0,0016	\$ 307,00
	Mantenimiento y equipos		-	-	\$ 1,43	\$ 0,0015	\$ 300,00
	depreciación		-	-	\$ 27,30	\$ 0,03	\$ 5.733,33
	costo total indirecto				\$ 101,23	\$ 0,11	\$ 21.257,26
TOTAL	costo producción				\$ 302,42	\$ 1,20	\$ 63.508,62
	costo x unidad					\$	0,84
	margen					\$	0,25
	PVP					\$	1,09

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Para la obtención del punto de equilibrio se utilizó la siguiente ecuación:

$$PE = \text{costo indirecto de fabricación} / \text{PVP} - \text{Costo variable unitario}$$

Donde, el costo variable se lo obtiene de la siguiente ecuación:

Costo variable unitario = costo directo de fabricación / unidades producidas

$$\text{Costo variable unitario} = 42251,3606 / 75581,3953 = 0,559018$$

Obtenido un valor de punto de equilibrio de:

$$\text{PE} = 21257,2633 / 1,09 - 0,559018 = 40040 \text{ unidades}$$

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

La composición proximal en cuanto a peso seco de las tres harinas de quinua analizadas dio como resultado que la muestra germinada en cuanto a carbohidratos tiene diferencia significativa entre las demás muestras. En cuanto a las proteínas y contenido de grasa, las tres muestras presentan diferencia significativa y finalmente, el valor de ceniza las muestras no presentan diferencia.

La bebida de quinua sin germinar tuvo un pH final de 4,4 y un tiempo de fermentación de 4 horas. Mientras que las bebidas de quinua remojada y germinada obtuvieron un pH de 5,4 y 5,6 respectivamente en un tiempo de fermentación de 4 horas. A su vez, la bebida germinada mostró una densidad de 1032 kg/ m³, pH de 5,6 y viscosidad de 1.24 Pa.s. Según el valor obtenido de m: 0,23 y k: 30,86 se concluye que la bebida de quinua germinada es un fluido no newtoniano pseudoplástico.

El microorganismo *Bacillus cereus* se inactiva con las siguientes condiciones: a una temperatura menor a 4°C (almacenamiento) y una cocción mayor a 100°C (esterilización), además si se usa un cultivo con bacterias ácido-lácticas; éstas al producir ácido láctico, acético y dióxido de carbono actúan como metabolitos antimicrobianos que provocan una reducción de pH (menor a 4,7) lo que inhibe el crecimiento de *Bacillus Cereus*.

En cuanto a la evaluación sensorial de los diferentes tipos de bebidas de quinua (sin proceso, remojada, germinada) se identificó que la muestra de

bebida germinada fue la que tuvo mayor aceptación con respecto a las demás. Usando un ($\alpha=0.05$) y un panel semi entrenado de 48 personas.

La producción de cada batch de 8 horas es de 900 litros por la cual se seleccionan los equipos en base a esa capacidad. El punto de equilibrio para la bebida es de 40040 unidades, con un costo de producción por unidad de \$0,84 y un precio de venta al público (PVP) de \$1,09.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda seguir investigando (tiempo, cantidad o tipo de cultivo, temperatura, fórmula cuantitativa) del proceso de fermentación en las bebidas de quinua germinada y remojada para obtener un pH menor del obtenido en este trabajo.

Se aconseja añadir saborizantes o pulpa de frutas para lograr mayor aceptación a nivel organoléptico, o hacer mezclas con otros germinados como la moringa, para incrementar sus propiedades nutricionales. Finalmente se recomienda mejorar el rendimiento del proceso productivo de la bebida, ya que se obtuvo pérdidas por merma en la etapa de filtrado.

BIBLIOGRAFÍA

Abdel-Rahman, M., Tashiro, Y., & Sonomoto, K. (2011). *Lactic Acid Production from Lignocellulose-Derived Sugars Using Lactic Acid Bacteria: Overview and Limits* (p. 156, 286-301). J. Biotechnol.

Araujo, A. (2018). Costo del diesel: Petroecuador Manda en la Comercialización de Gasolina y Diesel. Retrieved from <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/petroecuador-manda-comercializacion-de-gasolina.html>

Amen, R. (1968). *A Model of Seed Dormancy* (p. 1-31). Bot. Rev. 34 (1).

Bacigalupo, A. & Tapia, M. (1990). *Agroindustria en: Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación*. FAO. Santiago de Chile.

Bacigalupo, A., & Tapia, M. (2000). *Agroindustria Cultivos Andinos (Ed.), Cultivos Andinos Subexplotados y Su Aporte a la Alimentación*. Oficina Regional de La FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.

Bermeo, D. (2014). *Diseño y Construcción de un Molino de Martillos Triturador de Granos para Granjas Avícolas* (p. 1) Retrieved from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8296/1/AC-ESPEL-EMI-0254.pdf>

Bertero, D., & Benech-Arnold R. (2000). *Release from Dormancy During Seed Development in Quinoa: Variation Associated to Cultivar Origin*. ASA (American Society of Agronomy), CSSA (Crop Science Society of America), SSSA (Soil Science Society of America) Meeting, Minnesota.

Bertero, D., Aiscorbe, D., Piriz, S., & Benech-Arnold, R. (2001). *Susceptibilidad al Brotado Pre-Cosecha en Quinoa (Chenopodium Quinoa)*. Décimo Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Jujuy.

Biblioteca de la UGR. (2007). *Diseño del Sistema de Tuberías y Cálculo de las Bombas*. Retrieved from <http://www.ugr.es/~aulavirtualpfcicq/descargas/documentos/BOMBAS%20Y%20TUBERIAS.pdf>

Brookfield Engineering. *DV-II+ Programmable Viscometer. Operating Instructions Manual*. Retrieved from <http://www.brookfieldengineering.com>

Carciochi, R., & Galván-D'alessandro, L. (2016). *Effect of Germination and Fermentation Process on the Antioxidant Compounds of Quinoa Seeds*. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-016-0567-0>

Ceccato, D., Delatorre-Herrera, J., Burrieza, H., Bertero, D., Martínez, E., Delfino, I., Moncada, S., Bazile, D., & Castellión, M. (2014). *Fisiología de las Semillas y Respuesta a las Condiciones de Germinación*. Capítulo Número 2.2. In: Bazile, D. et al., *Estado del Arte de la Quinoa en el Mundo en 2013* (p. 153-163). FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia).

Chan, L., & Beuchat, L. (1992). *Chemical, Physical, and Sensory Characteristics of Peanut Milk as Affected by Processing Conditions* (p. 401-405). *Journal of Food Science*, 57 (1).

Chaparro, D., Pismag, R., Elizalde, A., Vivas, N., & Erazo, C. (2010). *Efecto de la Germinación sobre el Contenido y Digestibilidad de Proteínas en Semillas de Amaranto, Quinoa, Soya y Guandul*. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n1/v8n1a05.pdf>

CHR-HANSEN (2011). FD-DVS YF-L811 Yo-Flex: *Información de Producto*. Retrieved from <http://www.chr-hansen.com>

Codex Alimentarius (2003). *Norma Técnica para Leches Fermentadas*. CODEX STAN 243- 2003.

Codex Alimentarius. (2003). *Código de Prácticas de Higiene para las Frutas y Hortalizas Frescas. Anexo II, Sobre la Producción de Semillas Germinadas*. CAC/RCP 53-2003: 18-23. [En línea]

Come, D. (1982). *Germination. In Croissance et Developpment. Physiologie Vegetale II* (p. 129-225). Ed. by P. Mazliak. Paris, Francia, Hermann.

Da Vinci, M. (2015). *Como Germinar la Quinoa*. Retrieved from <https://armoniacorporal.es/como-germinar-la-quinoa/>

Dini, I., Tenore, G., & Dini, A. (2010). *Antioxidant compound Contents and Antioxidant Activity Before and After Cooking in Sweet and Bitter Chenopodium Quinoa Seeds* (p. 447-451). *LWT – Food Science and Technology*, 43 (3).

Escobar, R., Arestegui, M., Moreno, A., & Sánchez, L. (2013). *Catálogo de Maquinaria para Procesamiento de Lácteos* (p.19). Cooperación Alemana al Desarrollo – GIZ. Edición por Ilata SAC.

FAO (Food and agriculture organization of the United Nations) (2013). *Plataforma de información de la quinua*. Retrieved from <http://www.fao.org/in-action/quinoa-platform/quinoa/alimento-nutritivo/es/>

Feoli, M., Escobar, C., & Marín, R. (1995). Obtención de Ácido Láctico por Fermentación con *Lactobacillus delbruekii* ssp *bulgaricus* (p. 18-24). *Revista Colombiana de Ciencias Farmacéuticas* N° 23.

Flores, D. (2013). *Procesamiento de Granos Andinos: Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd)*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/IvanHinojosa1/05-proc-quinua>
Food and Drug Administration (2012). *Handbook of Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins*. Retrieved from Bad Bug Book <https://www.fda.gov/downloads/food/foodsafety/foodborneillness/foodborneillnessfoodbornepathogensnaturaltoxins/badbugbook/ucm297627>

García, M., Quintero, R., & López, A. (2004). *Biotecnología Alimentaria* (p. 313). México D.F.: Editorial Lumisa S.A

GIL, A. (2010). *Leche y Derivados Lácteos. En Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos* (p. 17-20). Editorial Médica Panamericana. España.
Gómez-Caravaca, A., Lafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., & Caboni, M. (2014). *Influence of Pearling Process on Phenolic and Saponin Content in Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd)* (p. 157, 174). *Food Chemistry*.

Goyoaga, C. (2005). *Estudio de factores no nutritivos en vicia faba I: Influencia de la germinación sobre su valor nutritivo*. Universidad Complutense de Madrid, España.

Gubler, F., Millar, A., & Jacobsen, J. (2005). *Dormancy release, ABA and Pre-Harvest Sprouting* (p. 183-187). *Current Opinion in Plant Biology* 8.

Guevara, B., & Jiménez, G. (2003). *Principios y Aplicaciones de la Fisiología Vegetal: Manual de Laboratorio*. Editorial Universidad de Costa Rica.

Hernández, A. (2003). *Microbiología Industrial* (p. 66-67, 82). Costa Rica: Editorial EUNED.
Iacona, V., Di Conza, J., Benzzo, M., & Vaccari M. (2015). *Medidas de Parámetros de Resistencia Térmica en Esporos del Género Bacillus Aislados de Pollo Fresco*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/270500835_Medidas_de_Parametros_de_Resistencia_Termica_en_Esporos_del_Genero_Bacillus_Aislados_de_Pollo_Fresco

INEN. (2011). *NTE INEN. 2395 Leches Fermentadas. Requisitos*. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN. (2013). *NTE INEN 1673: 2013 Quinoa. Requisitos*. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN. (2015). *NTE INEN 3042: 2015 Harina de Quinoa. Requisitos*. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN. (s.f.). *NTE INEN 710 Yogur. Requisitos*. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INOXPA (2018). *Bomba Lobular Rotativa Modelo: SLR*. Retrieved from http://www.inoxpa.es/uploads/document/Fitxes%20t%C3%A8cniques/Components/Bombes/SLR/FT.SLR.3_ES.pdf

Jellen, E., Maughan, P., Fuentes, F., & Kolano, B. (2014). *Botánica, Filogenia y Evolución*. Capítulo Número 1.1. In: Bazile, D. et al., *Estado del Arte de la Quinoa en el Mundo en 2013* (p. 12-15). FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia).

Jiménez, N. (2012). *Germinado de Quinoa*. Retrieved from <http://germinadodequinua.blogspot.com/>

Kermode, A. (2005). Role of Abscisic Acid in Seed Dormancy (p. 319-344). *Journal of Plant Growth Regulation* 24.

Koziol, M. (1990). *Afrosimetric Estimation of Threshold Saponin Concentration for Bitterness in Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd)* (p. 211-219). *J. Agr. Food Sci.* 54.

Lawless, H., & Klein, B. (1991). *Sensory Science Theory and Applications in Foods*. Marcel Dekker Inc. New York, N.Y.

Leopold, A., & Kriedemann, P. (1975). *Plant Growth and Development* (p. 242-247). Second ed. N.Y., McGraw-Hill.

Miranda, M., Vega-Gálvez, A., López, J., Parada, G., Sanders, M., & Aranda, M. (2010), *Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (Chenopodium quinoa Willd)* (p. 258-263). *Industrial Crops and Products*, 32 (3).

Monteros, A. (2016), & ESPAC (2015). *Rendimientos de Quinoa en el Ecuador 2016* (p. 3). Retrieved from http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_quinoa.pdf

Nnam, N. (2003). *Nutrient Composition and Acceptability of Vegetable Milks Made from Oilseeds* (p. 57-61). *Journal of Home Economics*, 5(1).

Nielsen, S. (1994). *Introduction to the Chemical Analysis of Foods* (p. 209-212). Ed. Jones and Bartlett Publishers. U.S.A.

Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. (2016). *Assessment of the Nutritional Composition of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)* (p. 47-54). *Food Chemistry*, 193.

Orrego, C. (2003). *Procesamiento de Alimentos* (p. 159). Universidad Nacional de Colombia.

Palacios Sócrates, (2011). *Evaluación y adecuación de un tanque con agitador y chaqueta de vapor de 0,9 m³ para la pasteurización de 880 kilos de pulpa de fruta*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador.

Parra, R. (2010). *Bacterias Acido Lácticas: Papel Funcional en los Alimentos* (p. 93-103). *Rev. Fac. Nal. Agr.*; vol. 8 (1).

Paulsen, G., & Auld, A. (2004). *Preharvest Sprouting of Cereals*. En *Benech-Arnold R. & R. Sánchez (eds). Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture* (p. 199-219). The Haworth Press, Binghamton, NY.

Peralta, E. (2009). *La Quinoa en Ecuador "Estado Del Arte"* Ingeniería Agrónoma PRONALEG G.A., INIAP 1. Retrieved from <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/ESTADO%20DEL%20ARTE%20QUINUA%202.pdf>

Peralta, E., & Mazón, N. (INIAP) (2014). *La Quinoa en Ecuador*. Capítulo Número 5.3. In: Bazile, D. et al., *Estado del Arte de la Quinoa en el Mundo en 2013* (p. 462-474). FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia).

Quiroga, C., Escalera, R., Aroni, G., Bonifacio, A., González, J., Villca, M., Saravia, R., & Ruiz, A. (2014). *Procesos Tradicionales e Innovaciones Tecnológicas en la Cosecha, Beneficiado e Industrialización de la Quinoa*. Capítulo Número 3.1. In: Bazile, D. et al., *Estado del Arte de la Quinoa en el Mundo en 2013* (p. 258-259, 287-292). FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia).

Ramírez, J., Rosas, P., Velázquez, M., Ulloa, J., & Arce, R. (2007). *Bacterias Lácticas: Importancia en Alimentos y sus Efectos en la Salud* (p. 2). Universidad de Nayarit.

Ruales, J., & Nair, B. (1994). Properties of Starch and Dietary Fiber in Raw and Processed Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Seeds (p. 223-246). *Plants Foods for Human Nutrition*, v. 45(3).

Serna, L., & Rodriguez, A. (2005). Producción Biotecnológica de Ácido Láctico: Estado del Arte (p. 54-65). *Ciencia y Tecnología Alimentaria*.

Stumbo, C. (1973). *Thermobacteriology in food processing engineering*. 2da edición. Academic press. New York.

Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P., Liu, R., & Tsao, R. (2015). *Characterisation of Phenolics, Betanins and Antioxidant Activities in Seeds of Three Chenopodium Quinoa Willd Genotypes* (p. 380-388). *Food Chemistry*, 166.

Tran, V., & Cavanagh, A. (1984). *Structural Aspects of Dormancy. In Seed Physiology. Germination and Reserve Mobilization* (p. 1-44). Ed. by D. R. Murray. Australia, Academic Press. v. 2.

Vaclavik, V. (2002). *Fundamentos de la Ciencia de los Alimentos*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA S.A.

Vásquez, C. (2008). Estudio de penetración de calor en una conserva de camarón envasada en empaque flexible (p. 14). Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8709/1/D-65776.pdf>

Vázquez-Aguilar, M. (2007). *Fundamentos de la Determinación de Parámetros Cinéticos para Microorganismos de Interés en Tratamiento Térmico de Alimentos*. Retrieved from <http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No1-Vol-1/TSIA-1%281%29-Vazquez-Aguilar-2007.pdf>

Vásquez-Yanes, C. (1974). *Estudios sobre Ecofisiología de la Germinación en una Zona Cálido - Húmeda de México* (p. 279-387). Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. (Sin publicar).

Vasudha, S., & Mishra, H. (2013). *Non-Dairy Probiotic Beverages* (p. 8-15). *International Food Research Journal*, 8(1).

APÉNDICES

ANEXO I
DATOS OBTENIDOS DE COMPOSICION PROXIMAL HARINA DE QUINUA

	HARINA SIN GERMINAR		HARINA REMOJADA		HARINA GERMINADA	
	A	B	A	B	A	B
CARBOHIDRATO	70,75	69,83	70,45	69,59	70,08	68,98
PROTEINA	10,61	10,63	10,8	10,75	11,8	11,68
GRASA	6	6	6,09	6,42	7,995	7,56
HUMEDAD	10,64	11,17	10,47	10,97	8,02	8,61
CENIZA	2	2,37	2,19	2,27	2,1	2,17

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

	HARINA SIN GERMINAR		HARINA REMOJADA		HARINA GERMINADA	
	PROMEDIO	DESVIACION	PROMEDIO	DESVIACION	PROMEDIO	DESVIACION
CARBOHIDRATO	70,29	0,6505382	70,02	0,6081118	69,53	0,7778175
PROTEINA	10,62	0,0141421	10,775	0,0353553	11,74	0,0848528
GRASA	6	0	6,255	0,2333452	7,7775	0,3075915
HUMEDAD	10,905	0,3747666	10,72	0,3535534	8,315	0,417193
CENIZA	2,185	0,2616295	2,23	0,0565685	2,135	0,0494975

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

ANEXO II

PRUEBAS SENSORIALES: FICHA DEL TEST SENSORIAL

Fecha: _____

Nombre del panelista: _____

Nombre del producto: _____

Indicaciones:

Frente a usted tiene tres pares de muestras de una bebida a base de quinua dos son iguales y una diferente, saboree cuidadosamente cada muestra (de preferencia tome un sorbo de agua para poder eliminar residuos de la muestra antes de probar la nueva), y marque con una (X) la muestra diferente.

MUESTRAS

MUESTRA DIFERENTE

4736

3325

7456

Comentarios:

¡Muchas gracias!

**Para la Interacción de Resultados de la prueba
Triangular**

Número de respuestas correctas necesarias para establecer diferencia significativa			
Numero de Juicios	Nivel de Significancia		
	5%	1%	0.1%
7	5	6	7
8	6	7	8
9	6	7	8
10	7	8	9
11	7	8	9
12	8	9	10
13	8	9	10
14	9	10	11
15	9	10	12
16	10	11	12
17	10	11	13
18	10	12	13
19	11	12	14
20	11	13	14
21	12	13	15
22	12	14	15
23	13	14	16
24	13	14	16
25	13	15	17
35	18	19	21
40	20	22	24
45	22	24	26
50	24	26	28
60	28	30	33
70	32	34	37
80	35	38	41
85	37	40	43
90	39	42	45
95	41	44	47
100	43	46	49
200	80	84	89
300	117	122	127
400	152	158	165
500	188	194	202
1000	363	372	383
2000	709	722	737

Fuente: Roessler y col. 1948

TABULACION DE DATOS

1

# PANELISTA	4736	3325	7456
1			X
7			x
13		X	
19		X	
25			X
31			X
37	X		
43	X		

4

# PANELISTA	4736	7456	9789
4			X
10			X
16	X		
22	X		
28	X		
34			X
40		X	
46	X		

2

# PANELISTA	4736	9789	3325
2		X	
8		X	
14		X	
20		X	
26	X		
32			X
38			X
44	X		

5

# PANELISTA	7456	3325	9789
5	X		
11		X	
17			X
23	X		
29		X	
35	X		
41			X
47		X	

3

# PANELISTA	7456	4736	3325
3	X		
9			X
15			X
21	X		
27	X		
33		X	
39	X		
45		X	

6

# PANELISTA	7456	9789	4736
6			X
12			X
18			X
24		X	
30		X	
36			X
42	X		
48	X		



CÓDIGO CORRECTO

ANEXO III CALCULOS PARA SELECCIÓN DE EQUIPOS

Luego de determinar el $F_{O_{objetivo}}$ con los valores obtenidos se calculan los datos de penetración de calor para hallar temperatura y tiempo de proceso para la bebida de quinua.

Según el resultado del $F_{O_{objetivo}}$ se determinan los parámetros de nuestro proceso necesarios para garantizar la esterilidad comercial.

1. Con el valor de CUT obtenido por el equipo determinamos el valor de Tpi.
2. Utilizando los datos obtenidos mediante el software calculamos el ΔT para cada intervalo de tiempo.
3. De las curvas de calentamiento y enfriamiento obtenemos los parámetros de calor.
4. Utilizar el método de Stumbo para la obtención del tiempo de proceso.

Datos:

$$T_r = 90 \text{ }^\circ\text{C} = 194 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{enfriamiento}} = 40 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{CUT} = 0 \text{ min}$$

$$\text{t}_{\text{pi}} = 0.6 * \text{cut} = 0.6 * (0) = 0 \text{ min}$$

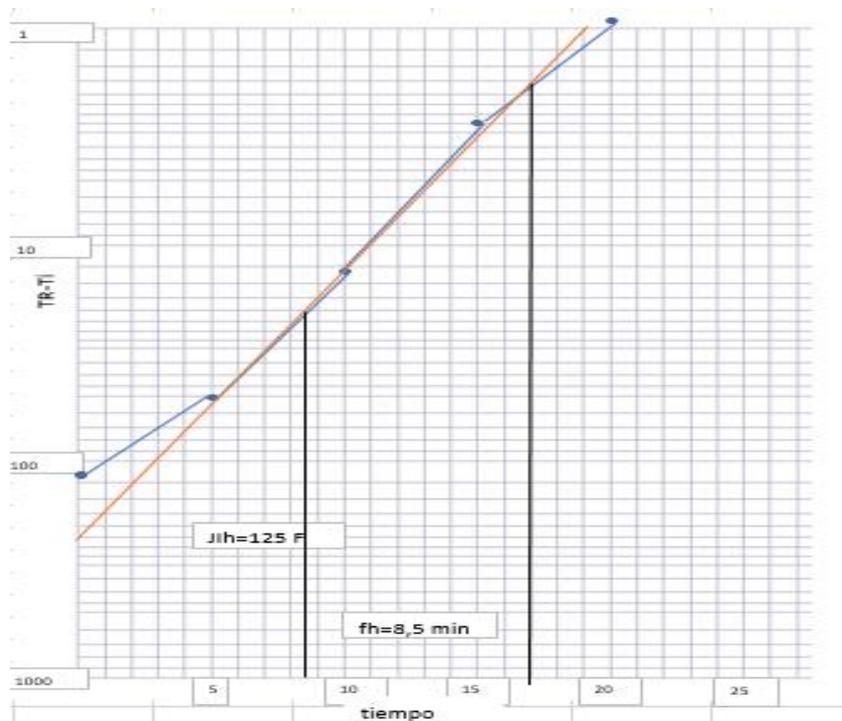
Posteriormente se restó la temperatura de la retorta menos cada dato tomado en el laboratorio para graficar la curva de calentamiento y enfriamiento, obteniéndose los siguientes resultados:

t (min)	T (F)	Delta (T)
0	77,54	116,46

5	143,319443	50,68055651
10	181,313451	12,68654948
15	190,824255	3,175745272
20	193,205035	0,794964624
25	193,801001	0,198998565
30	129,665517	89,66551689
35	113,411916	73,41191617
40	100,104593	60,10459341
45	89,209479	49,20947902
50	80,2893138	40,28931382
55	72,9861002	32,98610024
60	67,0067347	27,00673469

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Curva de Calentamiento



Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

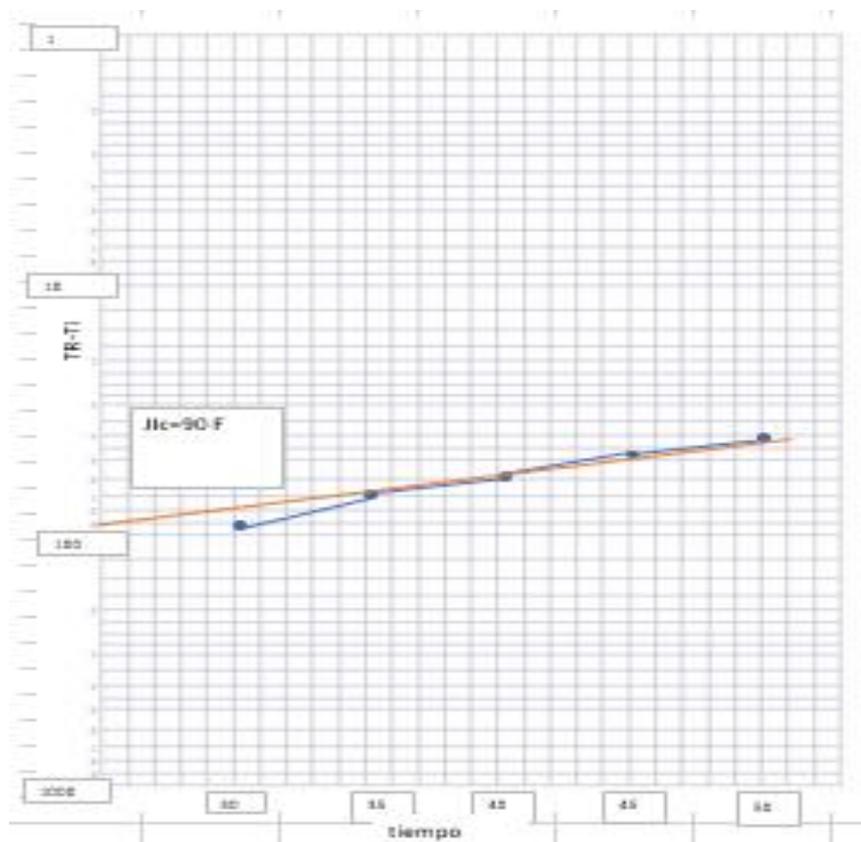
Determinación de los valores f_h y j_h

$$jh = \frac{jI}{I} = \frac{jI}{T_m - T_{in}}$$

$$jh = \frac{125}{194 - 77,54} = 1,073$$

$$fh = (17 - 8,5) \text{ min} = 8,5 \text{ min} \text{ (Disminuyendo un ciclo log)}$$

Curva de Enfriamiento



Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Determinación de los valores f_c y j_c

$$j_c = \frac{j_c I_c}{I_c} = \frac{j_c I_c}{T_{in\ enf} - T_c}$$

$$j_c = \frac{90}{129 - 40}$$

$$j_c = 1,125$$

Dado que los datos obtenidos se encuentran en un solo ciclo log, se procede a estimar ecuación de la curva en el Excel y reemplazar valores

$$y = 297,7e^{-0,04x}$$

$$\ln\left(\frac{y}{297,7}\right) = e^{-0,04x}$$

$$x = \frac{\ln\left(\frac{y}{297,7}\right)}{-0,04}$$

$$y=10 ; x= 84,84$$

$$y=100 ; x= 27,27$$

$$fc = 84,84 - 27,27$$

$$\mathbf{fc = 57,56 \text{ min}}$$

Cálculos para el Diseño del Proceso

Usando el procedimiento de Stumbo se calcula el tiempo del proceso con un $D_{112 C} = 13,23$; $Z_{112 C} = 7,71$ °C y para Bacillus Cereus a una $T_m = 90$ °C y $T_{inicial} = 28$ °C.

1.- Cálculo de U

$$F_T = VS(D_{112 C})$$

$$F_T = 6(13,23)$$

$$\mathbf{F objetivo \rightarrow F_T = 79,38 \text{ min}}$$

$$U = F_{T 100 C} * 10^{\frac{T_m - T}{Z}} = 79,38 * 10^{\frac{90 - 112}{13,23}} = 1,725 \text{ min}$$

2.- Cálculo de $g_{jc} = 0.843$

$$fh/U = \frac{8,5}{1,725} = 4,93$$

Por tablas de stumbo

$$Z (\text{°F}) = 7,71 * 1,8$$

fh/U	g
	j=1,125

$$= 13,78 \text{°F}$$

4	2,6
4,93	3,86*
5	3,09

fh/U	g
	j=1,125
4	4,57
4,93	5,52*
5	5,59

j	g	g	Interpolando
1	2,55	2,63	
1,125	X1	X2	X1= 2,6
1,2	3,03	3,14	X2= 3,09

*Valor

j	g	g	Interpolando
1	4,41	4,68	
1,125	X1	X2	X1= 4,57
1,2	5,4	5,71	X2= 5,59

interpolado

*Valor interpolado

g j=1,125	Z
3,86	10
4,64*	13,78
5,52	18

4. Aplicando método de Ball (calculo el tiempo)

$$Bb = fh[\log(jh * I) - \log g]$$

$$Bb = 8,5[\log(1,073 * (194 - 77,54)) - \log(4,64)]$$

$$Bb = 12,15 \text{ min}$$

$$t = Bb + 0.6CUT = 12,15 + (0) = 12,15 \text{ min}$$

$$t \text{ retención} = 12,15 \text{ min}$$

Resumen de Tiempos de Proceso

Etapa	min
Calentamiento (levante)	41,64
Retención	12,15
Enfriamiento	163

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Se asume los siguientes valores para la bebida de quinua de acuerdo con el componente nutricional.

Componente	Porcentaje %
Carbohidrato	6,79
Proteína	4,59
Grasa	0,27
Agua	88,18
Fibra	0,129
Ceniza	0,17

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Cálculos de Pasteurización

Cálculo de c_p (Método de Choi y Okos)

Durante Pasteurización ($T=90^\circ\text{C}$)

$$C_{p_{carb}} = 1,5488 + 1,9625 \times 10^{-3}T - 5,9399 \times 10^{-6}T^2 = 1,667 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{prot}} = 2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2 = 2,106 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{grasa}} = 1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2 = 2,078 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{agua}} = 4,17629 - 9,0864 \times 10^{-5}T - 5,4731 \times 10^{-6}T^2 = 2,609 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{fibra}} = 1,8459 - 1,8306 \times 10^{-3}T - 4,6509 \times 10^{-6}T^2 = 1,973 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{ceniz}} = 1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2 = 1,223 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p_t} = \sum C_{p_i} X_i$$

$$= (0,0679)(1,667) + (0,0459)(2,106) + (0,0027)(2,078)$$

$$+ (0,8818)(2,609) + (0,00129)(1,973) + (0,0017)(1,223)$$

$$= 2,519 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$k_{carb} = 2,0141 \times 10^{-1} + 1,3874 \times 10^{-3}T - 4,3312 \times 10^{-6}T^2 = 0,291 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{prot} = 1,7881 \times 10^{-1} + 1,1958 \times 10^{-3}T - 2,7178 \times 10^{-6}T^2 = 0,264 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}
k_{grasa} &= 1,8071x10^{-1} - 2,7604x10^{-3}T - 1,7749x10^{-7}T^2 = -0,069 \text{ W/m}^\circ\text{C} \\
k_{agua} &= 5,7109x10^{-1} + 1,7625x10^{-3}T - 6,7036x10^{-6}T^2 = 2,480 \text{ W/m}^\circ\text{C} \\
k_{fibra} &= 1,8331x10^{-1} + 1,2497x10^{-3}T - 3,1683x10^{-6}T^2 = 0,270 \text{ W/m}^\circ\text{C} \\
k_{ceniz} &= 3,2962x10^{-1} + 1,4011x10^{-3}T - 2,9069x10^{-6}T^2 = 0,432 \text{ W/m}^\circ\text{C} \\
k &= \sum kiXi = (0,0679)(0,291) + (0,0459)(0,264) + (0,0027)(-0,069) \\
&\quad + (0,8818)(2,480) + (0,00129)(0,270) + (0,0017)(0,432) \\
&= 2,219 \text{ W/m}^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Nota: Se multiplica los calores y conductividades de componente por los porcentajes de los componentes (Ver tabla de análisis fisicoquímico y bromatológico).

Análisis Físico-Químico y Bromatológico

Parámetro	Unidades	Resultado	Método de Ensayo	
Grasa	%	0.27	AOAC 945.38F	Hidrólisis+Soxhlet
Humedad	%	88.18	---	Estufa
Sólidos Totales	%	11.82	NTE INEN 14	Estufa
Ceniza	%	0.17	NTE INEN 14	Mufla
Proteína	%	4.59	AOAC 955.04D	Método Kjeldahl
Azúcares	%	5.50	AOAC 920.183b	Titulación de Lane y Eynon
Carbohidratos	%	6.79	---	Cálculo
Acidez	%	0.87	NTE INEN 13	Titulación
pH	-	3.40	AOAC 973.41	Potenciómetro
Calcio	mg/kg	239.25	AOAC 985.35	AA (llama)
Fósforo	mg/kg	111.21	AOAC 995.11	Colorimétrico
Hierro	mg/kg	1.25	AOAC 999.10	AA (llama)
Magnesio	mg/kg	53.47	AOAC 999.10	AA (llama)

Fuente: (USFQ, 2016)

Cálculo de calor total

- 1) Se calcula el Q necesario para cocinar el producto
SENSIBLE 1

$$Q = mCp(T_2 - T_1) = 928,8Kg \left((2,519) \frac{Kj}{Kg} \circ C \right) (90 - 28)^\circ C = 145058,13 Kj$$

Calor Total

$$Q = \sum Q_i = Q_1 = 145058,13 Kj$$

Nota: Se realiza el cálculo considerando una efectividad esperada del caldero del 80%.

Dimensionamiento de caldero (Determinación de NTU)

$$NTU = -\ln(1 - \varepsilon)$$

$$NTU = -\ln(1 - 0,8)$$

$$NTU = 1,6$$

Determinación del área de transferencia:

$$As_i = \pi D_i H$$

$$As_i = \pi(1,25)(1,47) = 5,77 \text{ m}^2$$

$$As_o = \pi D_o H$$

$$As_o = \pi(1,4)(1,62) = 7,13 \text{ m}^2$$

Determinación de resistencia térmica:

$$R_{cond} : \frac{\ln(D_o/D_i)}{2 * \pi * k * L}$$

$$R_{cond} : \frac{\ln(1,4\text{m}/1,25\text{ m})}{2 * \pi * 16,3 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{°C}} * 1,62 \text{ m}}$$

$$R_{cond} : 6,83 \times 10^{-4} \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

Nota: dicho cálculo se realiza dado que la chaqueta tiene un espesor, es decir una distancia entre su cara externa e interna, nos indica la resistencia al calentamiento.

$$Re_i : \frac{\rho * N * (d_i^2)}{\mu} = \frac{1032 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,5 \frac{\text{rev}}{\text{s}} * (1,06 \text{ m})^2}{1,24 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}} = 467,56$$

$$Pr_i : \frac{Cp * \mu}{k} = \frac{2,519 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}} \cdot \text{°C} * \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ Kj}} * 1,24 \frac{\text{Pa}}{\text{s}}}{2,219 \text{ W/m} \cdot \text{°C}} = 1407,64$$

$$Nu_i : \frac{h_i * D_i}{k} = a * Re^b * Pr^c * \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^m = 0,36 * (467,56)^{0,67} * (1407,64)^{0,33} * (1)^{0,14}$$
$$= 242,156$$

$$h_i : \frac{Nu_i * k}{D_i} = \frac{242,156 * 2,219 \text{ W/m} \cdot \text{°C}}{1,25 \text{ m}} = 429,875 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$$

El hch se considera $8000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$ según estudios anteriores (Tabla de parámetros del vapor al interior de la chaqueta) dado que el doctor Sócrates en su tesis, levantó información de las características del tanque enchaquetado mediante descripción propia del equipo y ensayos que realizó tomando como referencia al agua (fluido newtoniano), realizó in-situ pruebas primero para el agua.

Parámetros del Vapor al Interior de la Chaqueta

Parámetros	Valor	Unidades
T° vapor	128	°C
Presión Trabajo	38	PSI
Vol. Específico.	0,68	m3/Kg
Entalpia	2719	Kj/Kg
Rd	0,0009	m2.°C/W
u/u _o	1	adimensional
Hch	8000	w/m2 °C
Hch	1500	Btu/hr ft2 °F

Fuente: (Sócrates, 2011)

$$\begin{aligned} \frac{1}{UA_s} &= \frac{1}{h_i * A_i} + \frac{1}{h_{ch} * A_{ch}} + R_{cond} \\ &= \frac{1}{429,875 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 5,77 m^2} + \frac{1}{8000 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 7,13 m^2} + 6,83 \times 10^{-4} \frac{^\circ C}{W} \\ &= 1,103 \times 10^{-3} \frac{^\circ C}{W} \\ UA_s &= 906,047 \frac{W}{^\circ C} \end{aligned}$$

Cálculo del tiempo estimado de calentamiento

Para medio de calentamiento isotérmico (vapor de agua) se emplea la siguiente ecuación:

Nota: se determina tiempo de calentamiento isotérmico, dado que por bibliografía menciona que, para este tipo de equipo, el calefactor debe mantener una temperatura constante al fluido que pasteuriza el producto.

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2}\right) &= \frac{U * A_s}{M * C} \theta \\ \theta &= \left(\frac{\ln\left(\frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2}\right)}{\frac{U * A}{M * C}} \right) = \left(\frac{\ln\left(\frac{128^\circ C - 28^\circ C}{128^\circ C - 90^\circ C}\right)}{\frac{906,047 \frac{W}{^\circ C}}{928,8 kg * 2519 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ C}}} \right) = 2498,55 s * \frac{1 min}{60 s} = 41,64 min \end{aligned}$$

Cálculos de enfriamiento

• Determinación de propiedades térmicas

Cálculo de c_p (Método de Choi y Okos)

Durante enfriamiento ($T=40^\circ\text{C}$)

$$Cp_{carb} = 1,5488 + 1,9625 \times 10^{-3}T - 5,9399 \times 10^{-6}T^2 = 1,618 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Cp_{prot} = 2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2 = 2,054 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Cp_{grasa} = 1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2 = 2,035 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Cp_{agua} = 4,17629 - 9,0864 \times 10^{-5}T - 5,4731 \times 10^{-6}T^2 = 2,305 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Cp_{fibra} = 1,8459 - 1,8306 \times 10^{-3}T - 4,6509 \times 10^{-6}T^2 = 1,912 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Cp_{ceniz} = 1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2 = 1,162 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Cp_t = \sum CpiXi$$

$$\begin{aligned} &= (0,0679)(1,618) + (0,0459)(2,054) + (0,0027)(2,035) \\ &+ (0,8818)(2,305) + (0,00129)(1,912) + (0,0017)(1,162) \\ &= 2,245 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$k_{carb} = 2,0141 \times 10^{-1} + 1,3874 \times 10^{-3}T - 4,3312 \times 10^{-6}T^2 = 0,250 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{prot} = 1,7881 \times 10^{-1} + 1,1958 \times 10^{-3}T - 2,7178 \times 10^{-6}T^2 = 0,222 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{grasa} = 1,8071 \times 10^{-1} - 2,7604 \times 10^{-3}T - 1,7749 \times 10^{-7}T^2 = 0,070 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{agua} = 5,7109 \times 10^{-1} + 1,7625 \times 10^{-3}T - 6,7036 \times 10^{-6}T^2 = 2,132 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{fibra} = 1,8331 \times 10^{-1} + 1,2497 \times 10^{-3}T - 3,1683 \times 10^{-6}T^2 = 0,228 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k_{ceniz} = 3,2962 \times 10^{-1} + 1,4011 \times 10^{-3}T - 2,9069 \times 10^{-6}T^2 = 0,381 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$k = \sum kiXi = (0,0679)(0,250) + (0,0459)(0,222) + (0,0027)(0,070)$$

$$\begin{aligned} &+ (0,8818)(2,132) + (0,00129)(0,228) + (0,0017)(0,381) \\ &= 1,908 \text{ W/m}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Nota: Se multiplica los calores y conductividades de componente por los porcentajes de los componentes

1) Calor cedido durante el enfriamiento

Se calcula el Q necesario para enfriar el producto

SENSIBLE 1

$$Q = mCp(T_2 - T_1) = 928,8 \text{ Kg} \left((2,245) \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}^\circ\text{C} \right) (90 - 40)^\circ\text{C} = 104257,8 \text{ Kj}$$

CALOR TOTAL

$$Q = \sum Q_i = Q_1 = 104257,8 \text{ Kj}$$

Nota: El calor total solo comprende calor sensible ya que el producto no ha cambiado de fase.

2) Determinación de razón de calor y tiempo de enfriamiento

Determinación de área de transferencia de calor interna y externa

$$As_i = \pi DiH$$

$$As_i = \pi(1,25m)(1,47m) = 5,77 m^2$$

$$As_o = \pi DoH$$

$$As_o = \pi(1,4m)(1,62m) = 7,13 m^2$$

• Determinación de resistencias térmicas

$$R_{cond} = \frac{\ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2\pi kH} = \frac{\ln\left(\frac{1,4m}{1,25m}\right)}{2\pi(16,3W/m^{\circ}C)(1,62m)} = 6,83 \times 10^{-4} \text{ } ^{\circ}C/W$$

Interior del tanque

$$Re_i = \frac{\rho i N d^2}{\mu_i} = \frac{1032 \text{ Kg/m}^3 (0,5 \text{ rev/s})(1,06m^2)}{1,24 \text{ Pa.s}} = 467,56$$

$$Pr_i = \frac{(cp_i)\mu_i}{k_i} = \frac{2245 \text{ J/Kg}^{\circ}C(1,24 \text{ Pa.s})}{1,908 \text{ W/m}^{\circ}C} = 1459,014$$

$$Nu_i = a Re_i^b Pr_i^c \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^m = 0,36(467,56)^{0,67} 1459,014^{0,33} (1)^{0,14} = 245,038$$

$$h_i = \frac{Nu_i k}{D_i} = \frac{(245,038)(1,908W/m^{\circ}C)}{1,25m} = 374,026 \text{ W/m}^2\text{ } ^{\circ}C$$

Nota: Para los cálculos del fluido interior se toman los datos del producto (Quinoa), el cp y k se calcula con choo y okos. Se trabaja con 30 rev/min (0,5 rev/s) ya que esa fue la aplicada para obtener la viscosidad experimental.

Chaqueta del tanque

$$Pr_o = \frac{(cp_o)\mu_o}{k_o} = \frac{4180 \text{ J/Kg}^{\circ}C(0,891 \times 10^{-3} \text{ Pa.s})}{0,607 \text{ W/m}^{\circ}C} = 6,136$$

Nota: Los datos del fluido externo corresponde al agua de enfriamiento que fluye por la chaqueta. Las propiedades térmicas del vapor fueron obtenidas de las tablas de vapor del libro transferencia de masa de Yunus Cengel.

$$LMTD_{enfriamiento} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} = \frac{(90 - 40) - (40 - 25)}{\ln\left(\frac{90 - 40}{40 - 25}\right)}$$

$$= 29,072$$

Nota: Se asume que el producto se va a enfriar de 90 C a 40 C (temperatura ambiente) y que el agua de enfriamiento se va a calentar de 25 C a 40 C.

$$Nu_o = 0,15 Pr_o^{0,33} \left(\frac{\rho g \beta (LMTD)}{\mu^2}\right)^{0,33}$$

$$Nu_o = 0,15(6,136)^{0,33} \left(\frac{\left(\frac{997 \text{ Kg}}{m^3}\right) \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right) \left(\frac{0,247 \times 10^{-3} 1}{^{\circ}C}\right) (29,072^{\circ}C)}{(0,891 \times 10^{-3} \text{ Pa.s})^2}\right)^{0,33} = 114,428$$

$$h_o = Nu_o k = (114,428)(0,607 \frac{W}{(m^2 \cdot ^\circ C)}) = 69,46 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

- **Determinación de Coeficiente global de transferencia**

$$\frac{1}{UAs} = \frac{1}{hi(As_i)} + \frac{1}{ho(As_o)} + \frac{\ln(\frac{Do}{Di})}{2\pi kH}$$

$$\frac{1}{UAs} = \frac{1}{374,026 W/(m^2 \cdot ^\circ C)(5,77 m^2)} + \frac{1}{71,19 W/(m^2 \cdot ^\circ C)(7,13 m^2)} + 6,83 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ C/W$$

$$\frac{1}{UAs} = 3,116 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ C/W$$

$$UAs = 320,875 W/^\circ C$$

- **Determinación de la razón de calor**

$$\dot{Q} = UAs \Delta T_{LMTD} = \left(320,875 \frac{W}{^\circ C} \right) (29,072^\circ C) = 9328,48 W$$

- **Determinación de tiempo de enfriamiento**

$$K_2 = e^{UA/WC} = e^{\frac{320,875 W/^\circ C}{1,38 Kg/s(4180 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ C})}} = 1.057$$

$$\theta = \frac{\ln \frac{T1 - t1}{T2 - t1}}{\frac{WC}{Mc} \left(\frac{K2 - 1}{K2} \right)} = \frac{\ln \frac{90 - 25}{40 - 25}}{\frac{1,38 Kg/s(4,180 \frac{KJ}{Kg} \cdot ^\circ C)}{928,8 Kg(2,245 \frac{Kj}{Kg} \cdot ^\circ C)} \left(\frac{1,057 - 1}{1,057} \right)} = 9826,917 s = 2,72 h$$

Consumo de Diesel

1) Cálculo de consumo de Diesel del caldero

$$\left(\frac{145058,13 KJ}{41,64 min} \right) \left(\frac{60 min}{1h} \right) \left(\frac{8 h}{día} \right) \left(\frac{21 días}{1 mes} \right) = 35114935,5 KJ/mes$$

$$\left(\frac{35114935,5 KJ}{1mes} \right) \left(\frac{0,239006 Kcal}{Kj} \right) = 8392680,27 Kcal/mes$$

$$\dot{Q}_{producto} = \dot{Q}_{caldero} (\epsilon)$$

$$\dot{Q}_{producto} = m_{diesel} (PCI) (\epsilon)$$

$$\frac{\dot{Q}_{producto}}{(PCI) (\epsilon)} = \dot{m}_{diesel}$$

$$m_{diesel} = \frac{(Consumo\ calorico)}{(Poder\ calorifico\ inferior)(efectividad)} = \frac{8392680,27 \frac{Kcal}{mes}}{(0,8)10100 \frac{Kcal}{Kg}}$$

$$= 1038,698 \text{ Kg/mes}$$

$$\left(\frac{1038,698Kg}{mes}\right)\left(\frac{1 l}{0,850Kg}\right)\left(\frac{\$0,27}{1 l}\right) = \$329,94$$

Nota: Se realiza el cálculo considerando una efectividad esperada del caldero del 80%.

Nota: Tiempo de batch de 41,64 min (valor encontrado con el tiempo de calentamiento), producción de 8 horas ininterrumpidas y 25 días de jornada laboral al mes.

Cálculos De Secado

Datos

% Humedad de quinua	13%
% Humedad de harina de quina	10 %
Parada marmita	900 l ó 928,8 Kg

Calculo de Sólidos por parada

Asumiendo una relación solido, agua 1:4 entonces

Kg	Partes
928,8	5
X	1

$$x = \frac{928,8}{5} = 185,76 \text{ Kg de Solidos}$$

Calculo de Harina de Quinua por parada

Kg	Partes
185.76	100
X	87

$$x = \frac{185,76(87)}{100} = 161,61 \text{ Kg de Harina}$$

Calculo de peso de quinua por parada y agua removida



Por balance de componentes

$$m_1 x_1 = m_2 x_2 + W x$$

$$m_1 x_1 = m_2 x_2$$

$$m_1 = \frac{m_2 x_2}{x_1} = \frac{161,61(90)}{87} = 167,184 \text{ Kg de quinua}$$

Por Balance General

$$m_1 = m_2 + W$$

$$W = m_1 - m_2 = 161,61 - 167,184 = 5,574 \text{ Kg de agua removida}$$

Calculo de velocidad de secado

Datos

Temperatura bulbo seco (aire) 110 °C

Humedad relativa (aire) 8 %

Velocidad (aire) 6 m/s

Para Temperatura de bulbo seco y humedad dada se obtiene en carta psicométrica

Humedad (W) 0,07 Kg de Vapor/ Kg de aire seco

Volumen específico γ $1,2 \frac{m^3}{Kg}$

Temperatura de bulbo húmedo 47 C

Entonces la densidad del aire corresponde

$$\rho = \frac{\text{Kg de aire seco} + \text{Kg de agua}}{\gamma} = \frac{(1 + 0,07)Kg}{1,2m^3} = 0,891 \frac{Kg}{m^3}$$

Entonces el valor G es igual

$$G = v\rho = 6 \frac{m}{s} \left(0,891 \frac{Kg}{m^3}\right) = 5,346 \frac{Kg}{m^2 \cdot s} = 1924 \frac{Kg}{m^2 \cdot h}$$

Para la entalpia del aire

$$h = 0,0204 G^{0,8} = 0,0204 (1924)^{0,8} = 8,649 \frac{Kg}{m^2 \cdot h}$$

Para la entalpia de vaporización del agua se usa la temperatura de bulbo húmedo en las tablas de saturación de agua

$$L_w = 2582,4 \text{ Kj/Kg}$$

La velocidad de evaporación sobre unidad de área corresponde

$$R_c = \frac{h}{L_w} (T_a - T_w) = \frac{(8,649 \frac{Kg}{m^2 \cdot h})(110 - 47)C}{2582,4 \text{ Kj/Kg}} = 0,000211 \frac{Kg}{m^2 \cdot s} = 0,759 \frac{Kg}{m^2 \cdot s}$$

Calculo de área de transferencia

Considerando que se va a disponer los granos de quinua en bandejas, para ser secada en hornos rotatorios se procede a realizar los cálculos de secado.

$$\text{Área de una lata} = 0,45(0,65) = 0,2925 \text{ m}^2$$

Considerando que un coche tiene una capacidad de 60 latas entonces

$$\text{Área de exposición de un coche} = \text{área de una lata} \times 60 = 0,2925 \times 60 = 17,55 \text{ m}^2$$

Calculo de paradas de secado

Se considera esparcir 1 kg de quinua en grano por lata

$$\# \text{ paradas} = \frac{\text{Kg a procesar}}{\text{Kg por coche}} = \frac{167,184 \text{ kg}}{60 \text{ Kg}} = 2,79$$

Lo que corresponde a 2 paradas y una adicional con 48 latas

Calculo de tiempo de secado

$$\dot{m} = R_c A = 0,759 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} (17,55 \text{ m}^2) = 13,32 \frac{\text{Kg de agua}}{\text{h}}$$

Para conocer la cantidad de agua a evaporar en una parada de secado se hace la siguiente relación

Kg de agua	Parada
5,574	2,79
X	1

$$x = \frac{5,574}{2,79} = 2 \text{ Kg}$$

Por último, para calcular el tiempo de secado usamos la expresión:

$$t = \frac{m}{\dot{m}} = \frac{2 \text{ Kg}}{13,32 \frac{\text{Kg de agua}}{\text{h}}} = 0,15 \text{ h} = 9 \text{ min}$$

Calculo de tiempo de proceso

Paradas consecutivas

$$t = (\# \text{ paradas}) (\text{tiempo para una parada}) = 3(9) = 27 \text{ min}$$

Paradas simultaneas

$$t = 9 \text{ min}; \text{ con 3 hornos trabajando simultáneamente}$$

Parada mixta

$$t = (\# \text{ paradas}) (\text{tiempo para una parada}) = 2(9) = 18 \text{ min}$$

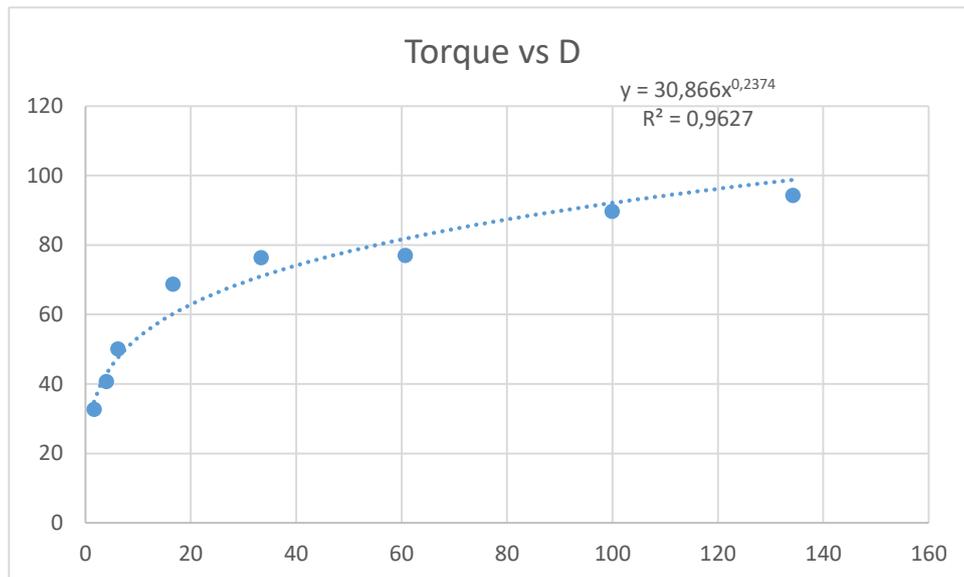
Cálculos de Bomba

Valores Obtenidos en Viscosímetro

Torque	Deformación
32,64	1,6639478
40,6	3,98117278
50	6,17360168
68,64	16,6118103
76,3	33,3187773
76,96	60,6940063
89,62	99,955387
94,2	134,210976

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Torque vs Deformación



Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

El gráfico se obtiene

$$y = 30,86x^{0,2374}$$

$$R^2 = 0,9627$$

Donde:

$$m = 0,2374$$

$$K = 30,86$$

m: índice de flujo

K: índice de consistencia

Datos del Sistema (S.I)

Flujo másico Qm	3,5
densidad ρ	1032
Longitud de tubería L	13
Velocidad V2	0,378
Velocidad V1	0
Altura 1 Z1	0
Altura 2 Z2	1
Presión 1 P1	101337
Presión 2 P2	101337
Tipo de tubería	Tubos de Acero sin Costura

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Datos obtenidos de tabla de resistencia de accesorios

Accesorio	# de accesorios	K
Codo 90 grados estándar	3	2,25
Válvula de compuerta abierta	1	0,17
Estrechamiento brusco	1	0,5
Total	4	2,92

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

Calculo de Reynolds

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{Q_m/\rho}{v} = \frac{(\frac{3,5Kg}{s})/(\frac{1032Kg}{m^3})}{0,378m/s} = 0,00897m^2$$
$$D = \sqrt{4A/\pi} = 0,107m$$
$$K' = K(\frac{3m+1}{4m})^m = 17,93$$
$$Re = \frac{\rho v^{2-m} D^m}{K' 8^{m-1}} = \frac{(\frac{1032Kg}{m^3})(\frac{0,378m}{s})^{2-0,2374}(0,107m)^{0,2374}}{(30,86)8^{0,2374-1}} = 17,291$$

Por lo tanto, es un fluido laminar

Calculo de factor de fricción

$$f_{dt} = \left(\frac{1}{2 \log\left(\frac{3,7}{\varepsilon}\right)}\right)^2 = 0,0229$$
$$f = 16/Re = 0,925$$
$$fd = 3,701$$

Calculo de coeficiente de fricción de accesorios

$$K_{corregida} = \frac{fd}{f_{dt}} k \frac{Re}{1000} = \frac{3,701}{0,0229} 2,92 \frac{17,291}{1000} = 8,16$$

Calculo de carga por fricción

$$h_p = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{4fL}{D} + K_{corregido}\right) = \frac{(0,378m/s)^2}{2\left(\frac{9,81m}{s^2}\right)} \left(\frac{4(0,925)(13m)}{0,107m} + 8,16\right) = 3,33m$$

Calculo de coeficiente de corrección de energía cinética

$$\alpha' = \frac{(2m+1)(5m+3)}{3(3m+1)^2} = 0,702$$

Cálculo de potencia de bomba

$$\Delta Z + \frac{\Delta v^2}{2\alpha g} + \frac{\Delta P}{\rho g} + h_p = -W/g$$
$$-W/g = \left(\Delta Z + \frac{\Delta v^2}{2g\alpha'} + h_p\right) = \left(1 + \frac{(0,378m/s)^2}{2\left(\frac{9,81m}{s^2}\right)(0,702)} + 3,33\right) = 4,34m$$

$$Potencia (hp) = WQ_m/746 = \left(\frac{42,579J}{Kg}\right) \left(\frac{3,5Kg}{s}\right) /746 = 0,2hp$$

Efectividad del 50%

Potencial real = *Potencia teórica / efectividad*

$$Potencia real = \frac{0,2 hp}{0,5} = 0,4 hp$$

Dado que la potencia real de la bomba es de 0,4 hp se procede a adquirir una bomba de 0,5 hp como factor de seguridad. La bomba adecuada para este tipo de fluido y con esta potencia es una bomba de desplazamiento positivo tipo rotatoria.

ANEXO IV
ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS

EQUIPO	DATOS TÉCNICOS
<p>Nombre: CÁMARA DE GERMINACIÓN TIPO MANGELSDORF - MODE</p> <p>Modelo: FISCHER AGRO</p>  <p>Empresa que comercializa: TECNAL</p> <p>País: Brasil</p>	<p>Potencia (Watts): 700</p> <p>Capacidad: 9 estantes</p> <p>Distancia entre estantes: 75 mm</p> <p>Rango de temperatura: +7°C- 60°C</p> <p>Voltaje (voltios): 220</p> <p>Peso (Kg): 76</p> <p>Dimensiones internas: Ancho=600 x Profundidad=550 x Alto=880 mm</p> <p>Utilizada para testes de germinación y envejecimiento precoz de semillas. Aplicable también en testes de envejecimiento con UR (humedad relativa) saturada.</p> <p>Regulaciones: Digital microprocesado con sistema PID y certificado de calibración RBC</p>

<p>Nombre: Secador de horno rotatorio</p> <p>Modelo: ALF 100 GA</p>  <p>Empresa que comercializa: FISCHER AGRO</p> <p>País: Lima – Perú</p>	<p>Potencia (HP): 0.20</p> <p>Productividad: 0.15 TM de quinua secada / hora</p> <p>Rango de temperatura: 0 – 120° C</p> <p>Voltaje (voltios): 220 – 380 – 440</p> <p>Suministro: Monofásico o trifásico</p> <p>Cámara interna de secado con 6 bandejas de 0.75 x 0.80 m de área.</p> <p>Regulaciones: Temperatura interna Caudal circulación de aire Cantidad de producto alimentado a la cámara de secado.</p>
<p>Nombre: Molino de martillos</p> <p>Modelo: MNP – 45 – 45 IX</p>	<p>Potencia (HP): 20.0</p> <p>Productividad: 0.25 TM de quinua molida / hora</p> <p>Rango de temperatura: 0 – 120° C</p> <p>Voltaje (voltios): 220 – 380 – 440</p> <p>Suministro: trifásico</p> <p>Vida útil: 5.000 horas de operación</p>



Empresa que comercializa: FISCHER AGRO

País: Lima – Perú

Sistema que transporta el producto al ciclón principal. Fácil salida del producto sin amarrar el costal. No se produce desperdicio.

Malla de 0.05 mm

Regulaciones:

Finura de molienda, cambiando zaranda.

Nombre: Tanque mezclador con agitación-MARMITA (pasteurización – enfriamiento)



Capacidad: 0.9 m³

Diámetro interno 1,25m ; externo: 1,4 m; altura del tanque: 1,62 m; contiene mezclador y trabaja a 20 RPM

<p>4.2.1.1 Nombre: Filtro de Profundidad para la filtración de líquidos de alta viscosidad</p> <p>Marca: (P) – GSLN</p>  <p>Empresa que comercializa: Donaldson Ultrafilter</p> <p>País: Lima – Perú</p>	<p>Superficie de filtración: 0,18 m2 per 250 mm element (10/30)</p> <p>Rango de temperatura: -20°C (-68°F) a 210°C (410°F) y > 150°C (300°F) si se requiere.</p> <p>Presión diferencial máxima (Dirección de flujo: desde afuera a Dentro): 10 bar (75 psi), independientemente de la presión del sistema o temperatura.</p>
<p>Nombre: Tanque fermentador</p> <p>Marca:</p>	<p>Volumen: 150 y 6.000 litros.</p> <p>Diseño: conforme a ASME BPE</p> <p>Estructura: sobre bancada - depósito encamisado y aislado</p> <p>Diseño: CIP/SIP</p> <p>Dimensiones: H/D 3:1, 2:1</p>



Empresa que comercializa: INOXPA

País: España distribuye en Lima – Perú

Presión de trabajo: entre -1/+3 bares

Se controlan los siguientes parámetros: mezclado, oxígeno, temperatura, presión, vaciado de ingredientes, esterilización, agitación usando motoreductor.

Nombre: Tanque refrigerador

Marca: PCool



Empresa que comercializa: GEA

País: España distribuye en Lima – Perú

Refrigeración: volúmenes variables desde 320 hasta 1.950 litros

Las cubas incorporan de serie unidades de refrigeración (refrigerante R404A).

Tapa de gran abertura (175 mm de diámetro) ofrece acceso libre al interior de la cuba.

Mayor rendimiento de refrigeración con S.T.I. evaporador.

El evaporador es el corazón de su equipo.

Nuestras fuerzas:

	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta una presión muy alta. • Muy buena recirculación de aceite. • La construcción del evaporador permite distribución óptima del agente de enfriamiento a toda la superficie y así garantiza el mejor posible intercambio de calor.
<p>Nombre: Llenadora de líquidos viscosos automático</p> <p>Modelo: LL-V</p>  <p>Empresa que comercializa: GEA</p> <p>País: España distribuye en Lima – Perú</p>	<p>Productividad: 60 piezas p / min.</p> <p>Volumen de llenado: hasta 1.000 ml.</p> <p>Contenedores: ø 30-100 mm / 30-270 mm de alto.</p> <p>CAPS: ø 15-95 mm y 10-50 mm de altura.</p> <p>Tipos de tapas: Tornillo, presión, bomba de pulverización, sello de aluminio.</p> <p>CIP: sistema de limpieza de llenado automático (opcional).</p> <p>Tecnología de relleno: Bombas rotativas o caudalímetros.</p>
<p>Nombre: Bomba Lobular Rotativa</p>	<p>Materiales: Piezas en contacto con</p>

Modelo: SLR



Empresa que comercializa: INOXPA

País: España distribuye en Lima – Perú

el producto Acero inoxidable AISI 316L.

La bomba lobular rotativa está diseñada para las industrias alimenticias y químicas porque tiene una capacidad industrial por tal motivo puede trabajar con fluidos viscosos y no viscosos a una temperatura máxima de 140C por 30 minutos Y mínima de -10C; permite un caudal máximo de 160 m³/h, con una presión máxima de 16 bar y una potencia máxima de 950 RPM.

ANEXO V
ANALISIS FINANCIERO

Costos Materias primas e Insumos

Ingrediente	Kg	\$	\$/Kg
Quinoa	0,454	0,8	1,76211454
Azúcar	1	0,72	0,72
Glucosa	1	1,2	1,2
Gelatina	0,227	0,9	3,96475771
Inoculo	0,001	22	22000
Agua	1000	0,65	0,00065

Insumo	unid	\$	\$/unid
botella	1	0,12	0,12
Etiqueta	1	0,02	0,02
Tapa	1	0,03	0,03
Cartón	1	0,3	0,3

Filtrado

Ingrediente	Kg	%
Harina	2100,378	0,5833333333
Azúcar	840,1512	0,2333333333
Glucosa	600,108	0,1666666667
Gelatina	60,0108	0,0166666667
total	3600,648	

Inoculo puro	2,76097152	0,0000177778
Agua	151704	
Total	155304,648	

Sin Filtrar

Ingrediente	Kg	%
Harina	33185,25	0,875
Azucar	2654,82	0,07
Glucosa	1896,3	0,05
Gelatina	189,63	0,005
total	37926	

Inoculo puro	2,76097152	
Agua	151704	
Total	189630	

Antes del secado

Ingrediente	Kg	%	\$
Quinoa	10864,0241	0,87866109	19143,6549
Azucar	840,1512	0,06794979	604,908864
Glucosa	600,108	0,04853556	720,1296
Gelatina	60,0108	0,00485356	237,928282
total	12364,2941		

Inoculo puro	2,76097152	22000	60741,3734
Agua	151704	0,00065	98,6076
Total producto			81546,6027

Insumo	unid		\$
botella	300978	0,12	36117,36
etiqueta	300978	0,02	6019,56
tapa	300978	0,03	9029,34
caja	12540,75	0,3	3762,225
Total empaque y embalaje			54928,485

MANO DE OBRA DIRECTA				MES
EXPRESADO EN US\$	NÚMERO DE PERSONAS	SUELDO MENSUAL POR PERSONA	FACTOR CARGAS SOCIALES	COSTO
OPERARIOS	10	\$ 400,00	1,4	\$ 5.600,00
AUXILIAR	9	\$ 320,00	1,4	\$ 4.032,00
TOTAL DE MANO DE OBRA DIRECTA				\$ 9.632,00
MANO DE OBRA DE OBRA INDIRECTA				MES
EXPRESADO EN US\$	NÚMERO DE PERSONAS	SUELDO MENSUAL POR PERSONA	FACTOR CARGAS SOCIALES	COSTO
JEFE DE CALIDAD	1	\$ 1.200,00	1,4	\$ 1.680,00
JEFE DE PRODUCCION	1	\$ 1.200,00	1,4	\$ 1.680,00
ANALISTA DE CALIDAD	1	\$ 650,00	1,4	\$ 910,00
SUPERVISOR	1	\$ 650,00	1,4	\$ 910,00
TOTAL DE MANO DE OBRA INDIRECTA				\$ 5.180,00

Servicios Básicos	\$ Mes
Energía Eléctrica	\$ 100,00
Agua Potable	\$ 31,21
Teléfono	\$ 20,00
Combustibles y lubricantes	\$ 50,00
Mantenimiento y equipos	\$ 300,00
Total	\$ 501,21

Consumo eléctrico

Equipo	Número de equipos	potencia	Horas de trabajo	Kw-h	\$
Germinador	1	700 w	168	117,69	10,98
Secador	4	0,2 hp	21	3,14	1,17
Molino	1	8 hp	63	376,28	35,10
envasadora	1	1500 w	21	31,52	2,94
bomba	1	0,5 hp	21	7,84	0,73
Total					50,92

Ajuste por consumo	\$0,02 por Kwh
Consumo eléctrico (\$)	51,93

Consumo de vapor

$$Q_{\text{producto}} = Q_{\text{caldero}} (\varepsilon) = m\lambda$$

$$Q_{\text{caldero}} \frac{\varepsilon}{\lambda} = m$$

$$m = 146227 \text{ KJ} \frac{0,8}{(2188 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}})} = 66,83 \text{ Kg}$$

Equipo	Número de equipos	Consumo de agua al mes (l)	\$
Germinador	1	21168	12,91
Caldero	1	2806,86	1,71
Tanque enchaquetado	1	30240	18,44
Total			33,06

ANEXO VI IMÁGENES DE LA EXPERIMENTACION

GERMINADO



Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

SECADO: OBTENCION DE HARINA



Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

OBTENCION DE LA BEBIDA FERMENTADA DE QUINUA

Fuente: (Campos & Ponce, 2018)

LICUADO Y MEZCLADO



FILTRADO



PASTEURIZADO



Inoculación y Fermentación



Fuente: (Campos & Ponce, 2018)