

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL
BIOESTRUCTURADO DE PROCESOS - MCBP - EN EL
PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE QUINUA”**

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PAOLA ANDREA LATINEZ VALDIVIA

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual de la UNALM)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE CONTROL
BIOESTRUCTURADO DE PROCESOS – MCBP - EN EL
PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE QUINUA”**

Presentado por:

PAOLA ANDREA LATINEZ VALDIVIA

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dra. Ritva Repo de Carrasco
PRESIDENTE

PhD. Jenny Valdez Arana
MIEMBRO

Dra. Bettit Salvá Ruiz
MIEMBRO

Dr. Milber O. Ureña Peralta
ASESOR

Lima – Perú

2020

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Al Dr. Ureña, por su buena voluntad y predisposición para ser asesor del presente trabajo. Además de su valiosa guía.

A mis padres, Rosario y Guillermo, quienes me apoyaron durante toda mi vida universitaria y me dieron la fuerza y los ánimos para poder culminar con este proyecto.

A Juan, por comprender los tiempos ausentes y siempre apoyarme a cumplir mis metas.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. QUINUA.....	3
2.1.1. ASPECTOS GENERALES	3
2.1.2. TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	4
2.1.3. VARIEDADES	4
2.1.4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA QUINUA.....	6
2.1.5. SAPONINA.....	10
2.1.6. ETAPAS DE PROCESAMIENTO - POST COSECHA	12
2.1.7. DESAPONISADO	12
2.2. INDUSTRIA DE LA QUINUA	14
2.2.1. PRODUCCIÓN DE QUINUA.....	14
2.2.2. EXPORTACIONES DE QUINUA.....	15
2.3. SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD.....	16
2.3.1. ENFOQUE BASADO EN PROCESOS	16
2.4. MÉTODO DE CONTROL BIOESTRUCTURADO DE PROCESOS.....	18
III. METODOLOGÍA	22
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	22
3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	22
3.2.1. RECOLECCIÓN DE DATOS	22
3.2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DE LA IMPLEMENTACIÓN	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO PRINCIPAL DE LA EMPRESA.....	29

4.1.1.	LA EMPRESA	29
4.1.2.	DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	29
4.1.3.	IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO PRINCIPAL DE LA EMPRESA	32
4.1.4.	CONTROLES DE PROCESO	36
4.2.	ANALOGÍA FUNCIONAL	38
4.3.	BIOESTRUCTURA	39
4.4.	DOCUMENTACIÓN	40
4.5.	EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA BIOESTRUCTURA	41
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	RECOMENDACIONES	55
VII.	BIBLIOGRAFÍA	56
VIII.	ANEXOS	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variedades de quinua más cultivadas en el Perú.....	5
Tabla 2: Contenido de aminoácidos en los granos (g de aminoácido/16 g de nitrógeno).....	6
Tabla 3: Composición química de la quinua según diferentes autores.....	8
Tabla 4: Comparación de una bioestructura funcional con la estructura funcional de un proceso.....	19
Tabla 5: Bioestructura funcional para el proceso de enseñanza-aprendizaje	20
Tabla 6: Bioestructura propuesta para el proceso de fabricación industrial de galletas tipo sándwich rellenas de crema	21
Tabla 7: Distribución de la producción total de la empresa por líneas de producción.....	22
Tabla 8: Total de producciones	23
Tabla 9: Formato de analogía funcional de un proceso con la estructura biológica	25
Tabla 10: Formato de una bioestructura de un proceso.....	26
Tabla 11: Códigos de los formatos según categoría de proceso.....	26
Tabla 12: Matriz de evaluación de procesos en la bioestructura.....	28
Tabla 13: Parámetros analizados en materia prima	37
Tabla 14: Límites críticos de especificación para los indicadores del proceso industrial de quinua	38
Tabla 15: Analogía funcional propuesta para el proceso industrial de quinua.....	39
Tabla 16: Bioestructura propuesta para el proceso industrial de la quinua	40
Tabla 17: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de agosto 2018	42
Tabla 18: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de septiembre 2018.....	43
Tabla 19: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de octubre 2018.....	44
Tabla 20: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de noviembre 2018.....	45
Tabla 21: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de diciembre 2018.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructuras de agliconas de saponinas elucidadas en quinua.....	11
Figura 2: Representación de procesos e interrelación entre procesos	17
Figura 3: Propuesta del esquema de las fases para la aplicación del Método de Control Bioestructurado de Procesos.....	24
Figura 4: Organigrama de la empresa.....	30
Figura 5: Mapa de procesos de la empresa.....	31
Figura 6: Diagrama de operaciones de proceso industrial de la quinua blanca.....	35
Figura 7: Formato de matriz de evaluación del procesamiento industrial de quinua	41
Figura 8: Eficacia del procesamiento industrial de quinua blanca de agosto a diciembre del 2018.	47
Figura 9: Comparación del porcentaje de humedad de quinua blanca como materia prima y producto terminado de agosto a diciembre del 2018.....	49
Figura 10: Promedio del porcentaje de saponina en la recepción de la materia prima de agosto a diciembre del 2018.....	51
Figura 11: Promedio del porcentaje de saponina en peso obtenida como descarte en proceso de agosto a diciembre del 2018.	52

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: VALORES REGISTRADOS EN LOS SUBPROCESOS DE ACONDICIONAMIENTO DURANTE LOS MESES DE AGOSTO A DICIEMBRE	61
ANEXO 2: VALORES REGISTRADOS EN LOS SUBPROCESOS DE DESAPONISADO DURANTE LOS MESES DE AGOSTO A DICIEMBRE	62
ANEXO 3: VALORES REGISTRADOS EN LOS SUBPROCESOS DE LA SELECCIÓN DURANTE LOS MESES DE AGOSTO A DICIEMBRE	63
ANEXO 4: VALORES REGISTRADOS EN LOS SUBPROCESOS DEL ENVASADO DURANTE LOS MESES DE AGOSTO A DICIEMBRE	64
ANEXO 5: FORMATO PARA LA BIOESTRUCTURA DE UN PROCESO	65
ANEXO 6: FORMATO DE LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE PROCESOS EN LA BIOESTRUCTURA	66
ANEXO 7: INSTRUCTIVO DE TRABAJO CONTROL DE PROCESOS BAJO LA METODOLOGÍA MCBP	67
ANEXO 8: LECCIÓN DE UN PUNTO (LUP) PARA LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE PROCESOS EN LA BIOESTRUCTURA	70
ANEXO 9: INSTRUCTIVO DE ANÁLISIS DE SAPONINA MEDIANTE EL MÉTODO DE ESPUMA.....	71
ANEXO 10: EJEMPLO LOTE DE PRODUCTO ALEATORIO PROCESADO EN ABRIL 2019	72
ANEXO 11: EJEMPLO LOTE DE PRODUCTO ALEATORIO PROCESADO EN MAYO 2019	73

RESUMEN

En el presente estudio se aplicó el Método de Control Bioestructurado de Procesos en el procesamiento industrial de quinua. Los datos fueron recolectados en los meses de agosto a diciembre del 2018 de la línea de quinua blanca destinadas a la exportación. Estos datos se tomaron de los registros de producción y calidad que se cuentan en la empresa durante el periodo indicado. La cantidad de producto que se estuvo en estudio en los cinco meses fue de 307 toneladas y 280.6 horas de producción. Se construyó la matriz de la bioestructura de este proceso guiándose de la analogía funcional la cual divide los procesos en nivel cero, uno, dos y así sucesivamente según se requiera. Para este proceso se identificaron cuatro subprocesos a nivel uno (acondicionamiento, desaponizado, selección y envasado), y seis subprocesos a nivel dos (recepción, pre-limpieza, escarificado, pulido, selección gravimétrica y selección óptica). Los resultados se analizaron midiendo su eficacia respecto al valor meta determinado previamente y se evidenció el incumplimiento de este valor puesto que solo un mes de los cinco fue el que estuvo por encima del 95 por ciento de eficacia. Se evaluaron los datos en la bioestructura y se determinó identificar un nuevo límite de porcentaje de saponina para la aceptación de los lotes ingresados a 0.32 por ciento. Se evidenció que el método de control bioestructurado es una herramienta útil para detectar oportunidades de mejora de procesos.

Palabras clave: quinua, proceso, bioestructura, eficacia.

ABSTRACT

In the present study, the Method of Biostructured Process Control was applied in the industrial quinoa process. Data were collected in the months of August to December 2018 of the white quinoa process line for export. These data were taken from the production and quality records that are counted in the company during the indicated period. The quantity of product that was studied in the five months was 307.5 tons and 280.6 hours of production. The biostructure matrix of this process was built based on the functional analogy, which divides the processes into level zero, one, two and so on as required. For this process, four subprocesses were identified at level one (conditioning, desaponifying, selection and packaging), and six subprocesses at level two (reception, pre-cleaning, scarification, polishing, gravimetric selection and optical selection). The results were analyzed by measuring their effectiveness with respect to the previously determined target value and the breach of this value was evidenced since only one month of the five was the one that was above 95 percent effective. The data in the biostructure were evaluated and it was determined to identify a new percentage limit of saponin for the acceptance of the lots entered at 0.32 percent. It was shown that the biostructured control method is a useful tool to detect opportunities to improve processes.

Key words: quinoa, process, biostructure, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

La práctica de tener estilos de vida más saludables ha aumentado, es decir, cambiando los hábitos alimenticios, optando por alimentos ricos en compuestos bioactivos. Además de la satisfacción nutricional, los consumidores buscan alimentos que también brinden beneficios para la salud y el bienestar (Küster *et al.* 2017). Uno de los cultivos que ha atraído mucha atención en los últimos tiempos es la quinua de *Chenopodium Willd* (quinua) (Navruz-Varli *et al.* 2016).

Existe una clara tendencia que el consumo de quinua seguirá creciendo a nivel mundial pero debido a las nuevas tecnologías, se están sumando una mayor cantidad de países productores que tratarán de hacer llegar la quinua a la mayor cantidad de personas posibles, masificando su consumo (Benites *et al.* 2017). Es por ello que se justifica la necesidad de crear condiciones productivas capaces de percibir rentabilidad, productividad y beneficio en el mediano y largo plazo, de tal forma que se favorezcan otras actividades articuladas con la cadena productiva de la quinua en el Perú. Para que una empresa procesadora de quinua pueda seguir manteniendo su posición en el mercado, debe buscar el control y la mejora de sus procesos, con la finalidad de ofrecer producto de mejor calidad y a su vez reducir sus costos de producción.

El Método de Control Bioestructurado de Procesos (MCBP), es un método que permite tener el control integral de todos los subprocesos involucrados a partir del análisis de los valores alcanzados en los indicadores establecidos traducidos en eficacia. Se presenta como una metodología que contribuye al control, análisis y mejora de los procesos

Esta herramienta fue utilizada en procesos académicos de universidades del país que han tomado a la carrera universitaria bajo el enfoque de procesos; entre ellas la Universidad Marcelino Champagnat de Lima y la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco (Luyo, 2017).

Por lo expuesto resulta de interés la elaboración del presente trabajo de investigación sobre la implementación del Método de Control Bioestructurado de Procesos en el procesamiento industrial de la quinua en grano. Donde se evaluaron todos los subprocesos necesarios para el procesamiento de la quinua de una empresa nacional exportadora ubicada en Lima, Perú, determinando indicadores en cada proceso y evaluando su eficacia.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. QUINUA

2.1.1. ASPECTOS GENERALES

La quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*), originaria de la región de los Andes de Perú y Bolivia, es un grano cosmopolita ya que puede ser cultivado en zonas áridas y semiáridas con buenos rendimientos presentando gran adaptabilidad a latitudes como altitudes variables (Chacchi, 2009). Considerado como «grano andino» es usado en las poblaciones andinas desde tiempos precolombinos y fue dado a sus bondades nutricionales y adaptabilidad, llevado casi a todo el continente sudamericano. Y es que, en aquellos tiempos, y en la actualidad misma, el consumo de proteínas de origen animal no ha sido tradicional ni común en las poblaciones andinas. Adicionalmente a su gran capacidad adaptativa, tiene amplia variedad genética, alta calidad nutricional y bajo costo de producción (FAO, 2011), lo cual hace factible su utilización.

Su verdadero valor radica la calidad de la proteína es decir en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana que le dan un alto valor biológico (CORLIB/JUNAC, 1988).

Debido a su alta calidad nutricional, el cultivo de granos andinos ha aumentado no sólo en las regiones andinas de Ecuador y Bolivia, sino también en otras partes del mundo como Australia, Nueva Zelanda y Finlandia (Stikić *et al.* 2012) que buscan obtener una quinua de alto valor nutritivo de estas partes del mundo.

2.1.2. TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La quinua es una planta herbácea anual, dicotiledónea de amplia dispersión geográfica, con características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva. Presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y se cultiva desde el nivel del mar hasta 4000 msnm; muy tolerante a factores climáticos adversos como sequía, heladas, salinidad de suelos entre otros que afectan al cultivo (Apaza *et al.* 2013).

Según FAO (2011), la posición taxonómica de la quinua es:

- Reino: *Plantae*
- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Magnoliopsida*
- Orden: *Caryophyllales*
- Familia: *Amaranthaceae*
- Subfamilia: *Chenopodioideae*
- Género: *Chenopodium*
- Especie: *Chenopodium quinua Willd*

Su periodo vegetativo varía desde 90 hasta 240 días, crece con precipitaciones desde 200 a 280 ml anuales, se adapta a suelos ácidos de pH 4,5; hasta alcalinos con pH de 9,0. Asimismo prospera en suelos arenosos hasta los arcillosos, la coloración de la planta es también variable con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillo, anaranjado granate y demás gamas que se puedan diferenciar (Apaza *et al.* 2013).

2.1.3. VARIEDADES

Según estudios realizados por Maximixe Consult S.A. (2011), existen cuatro variedades de quinua más cultivadas en el Perú, estas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Variedades de quinua más cultivadas en el Perú

TIPO	VARIEDAD
Amarilla de Maranganí	Originaria de Maranganí, es una planta erecta poco ramificada de 180 cm de altura, con abundante follaje y tallo grueso. Su periodo vegetativo tardío es de 160-180 días y posee una panoja glomerulada con grano grande de color anaranjado (2.5 mm). De alto potencial de rendimiento que supera los 6000 kg/ha, es resistente al mildiow (<i>Peronospora farinosa</i>) no obstante, es susceptible al ataque de Q'hona-q'hona y a las heladas.
Illpa-Inia	Variedad obtenida en 1997, de la cruce de Sajama x Blanca de July. Posee hábito de crecimiento erecto, es una planta de color verde oscuro con altura de planta de 107 cm y su período vegetativo es de 150 días (precoz) con un rendimiento promedio de 3100 kg/ha. Es tolerante al mildiow y a las heladas.
Cheweca	Originaria de Orurillo (Puno), es una planta de color púrpura verduzca con período vegetativo de 165 días y una altura de planta de 1.20 m. Es resistente al frío y muy resistente al exceso de humedad en el suelo, con sistema radicular muy ramificado y profundo, no obstante, es susceptible al ataque de Ascochyta. El rendimiento es hasta 2500 kg/ha.
Quillahuaman - Inia	Originaria del valle del Vilcanota (Cusco), seleccionada, desarrollada y evaluada por el Programa de Cultivos Andinos del INIA-CUSCO. Es una planta erecta sin ramificación de 1.60 m, panoja semi-laxa que le confiere cierta resistencia al ataque de Q'hona - q'hona. Su período vegetativo es de 150 a 160 días y posee una amplia adaptación que va desde nivel del mar hasta los 3400 msnm, con alto potencial de rendimiento de 3500 kg/ha.

FUENTE: Tomada de Maximixe Consult S.A. (2011)

2.1.4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA QUINUA

La quinua se conoce como pseudocereal porque, aunque no pertenece a la familia Gramineae, produce semillas que pueden ser molidas para transformarlas en harina puede ser utilizado como cultivo de cereales (Encina-Zelada *et al.* 2017).

A pesar de no estar tan extendido como el trigo o el centeno, el interés en su consumo ha crecido progresivamente debido a su atractiva composición nutricional. Las semillas de quinua revelan ausencia total de gluten, altos niveles de ácidos grasos, vitaminas, minerales, fibras dietéticas y proteínas con más aminoácidos (Pellegrini *et al.* 2018).

a. Proteínas

Las proteínas de la quinua reúnen todos los aminoácidos esenciales en un buen balance, al mismo tiempo que sus contenidos grasos están libres de colesterol (Aladi y FAO, 2014). Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO (Valdiviezo, 2014).

En la Tabla 2, se presenta el perfil de aminoácidos de la quinua junto con otros granos y cereales utilizados mundialmente.

Tabla 2: Contenido de aminoácidos en los granos (g de aminoácido/16 g de nitrógeno)

Aminoácido / Grano	Quinua	Cañihua	Kiwicha	Arroz	Trigo
Acido aspártico	7.8	7.9	7.4	8	4.7
Treonina	3.4	3.3	3.3	3.2	2.9
Serina	3.9	3.9	5	4.5	4.6
Ácido glutámico	13.2	13.6	15.6	16.9	31.3
Prolina	3.4	3.2	3.4	4	10.4
Glicina	5	5.2	7.4	4.1	6.1
Alanina	4.1	4.1	3.6	5.2	3.5
Valina	4.2	4.2	3.8	5.1	4.6

<<Continuación>>

Isoleucina	3.4	3.4	3.2	3.5	4.3
Leucina	6.1	6.1	5.4	7.5	6.7
Tirosina	2.5	2.3	2.7	2.6	3.7
Fenilalanina	3.7	3.7	3.7	4.8	4.9
Lisina	5.6	5.3	6	3.2	2.8
Histidina	2.7	2.7	2.4	2.2	2
Arginina	8.1	8.3	8.2	6.3	4.8
Metionina	3.1	3	3.8	3.6	1.3
Cistina	1.7	1.6	2.3	2.5	2.2
Triptófano	1.1	0.9	1.1	1.1	1.2
% N del grano	2.05	2.51	2.15	1.52	2.24
% proteína	12.8	15.7	13.4	9.5	14

FUENTE: Jacobsen y Mujica (2001)

Las proteínas que contiene la quinua son principalmente de tipo albumina y globulina solubles en agua o soluciones salinas débiles, es por ello que se considera libre de gluten (García, 2011), siendo la proteína principal de la quinua, la chenopodina (Repo-Carrasco *et al.* 2003). La cantidad de proteínas en la quinua depende de la variedad, con un rango comprendido entre un 10.4 por ciento y un 17.0 por ciento de su parte comestible (Aranda, 2017).

La Tabla 3 permite apreciar las propiedades nutricionales de diferentes tipos de quinua.

Tabla 3: Composición química de la quinua según diferentes autores

VARIETADES DE QUINUA	PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	PORCENTAJE DE PROTEÍNA (%)	PORCENTAJE DE GRASA (%)	PORCENTAJE DE FIBRA (%)	PORCENTAJE DE CARBOHIDRATOS (%)
Quinoa Blanca (Junín)	11.8	12.2	6.2	5.7	67.2
Quinoa Blanca (Puno)	10.1	11.5	8.2	5.1	66.7
Quinoa Wild Cruda (Perú)	11.5	13.6	5.8	1.9	66.3
Quinoa dulce blanca (Junín)	11.1	11.1	7.7	6	67.4
Quinoa W. dulce blanca (Puno)	11.2	11.6	5.3	6.8	68.9
Quinoa W. dulce rosada (Junín)	11	12.3	7.2	7	67.1
Quinoa rosada (Puno)	10.2	12.5	6.4	3.1	67.5
Quinoa dulce Quitopamba (2)	9.1	17	5.5	-	66
Quinoa amarga Nariño (1)(2)	9.4	16.9	5.5	-	66
Quinoa Pasankalla (Bolivia) (3)	9.7	10.6	6.3	-	70.4
Quinoa común amarilla (Chile) (3)	9.8	13	7.4	-	66.8
Quinoa dulce (Bolivia) (3)	11.8	10.5	0.2	-	75.6

(1): FAO (1970); (2): López (1973); (3): Viñas *et al.* En: Tapia *et al.* (1979); (4): White *et al.* En: Tapia *et al.* (1979).

FUENTE: Tomado de Reyes *et al.* (2006)

b. Lípidos

La quinua contienen entre 1.3 de grasa/100 g porción comestible (cocida) y 10.7 g de grasa/100 g (sémola de quinua), con un promedio ponderado de 5.4 g de grasa/100 g. Del contenido total de materias grasas de la quinua, más del 50 por ciento viene de los ácidos grasos poliinsaturados esenciales linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3) (Reyes *et al.* 2006).

Según la FAO (2013), la quinua contiene más grasa (6.3 g) por cada 100 g de peso seco en comparación con los frijoles (1.1 g), el maíz (4.7 g), el arroz (2.2 g) y el trigo (2.3 g). La FAO (2011), afirma que el Omega 9 (ácido oleico) se encuentra en segundo lugar, siendo 26.04 por ciento para aceite de quinua. Los valores encontrados para el Omega 3 (ácido linolénico) son de 4.77 por ciento, seguido del ácido palmítico con 9.59 por ciento. Encontraron también ácidos grasos en pequeña proporción, como el ácido esteárico y el eicosapentaenoico.

Wood *et al.*; citado por la FAO (2011), encontraron que el 11 por ciento de los ácidos grasos totales de la quinua eran saturados, siendo el ácido palmítico el predominante. Los ácidos linoleico, oleico y alfa-linolénico eran los ácidos insaturados predominantes con concentraciones de 52.3, 23.0 y 8.1 por ciento de ácidos grasos totales, respectivamente.

Otros investigadores Przybylski *et al.*; citado por la FAO (2011), encontraron que el ácido linoleico era el principal ácido graso (56 por ciento) en la quinua, seguido por el ácido oleico (21.1 por ciento), el ácido palmítico (9.6 por ciento) y el ácido linolénico (6.7 por ciento). Según estos autores, el 11.5 por ciento de los ácidos grasos totales de la quinua son saturados

c. Carbohidratos y fibra

En la quinua, el contenido de almidón es de 58.1 – 64.2 por ciento (Bruin, citado por Repo-Carrasco *et al.* 2003).

Sobre el contenido de fibra, posee un alto porcentaje de Fibra Dietaria Total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal para lograr eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo (FAO, 2011). Así mismo, en un estudio de cuatro variedades de quinua, se mostró que la fibra dietética de la quinua cruda varía entre los 13.6 y los 16.0 g por cada 100 g de peso en seco. La mayoría de fibra dietaria era insoluble, con un intervalo de 12.0 g a

14.4 g en comparación con el contenido comprendido entre 1.4 g y 1.6 g de la fibra soluble por cada 100 g de peso en seco (Repo-Carrasco y Serna, 2011).

d. Vitaminas

Se ha encontrado que las semillas de la quinua contienen una gran variedad de compuestos bioactivos, como los carotenoides, la vitamina C y compuestos fenólicos, que son evidentes en muchos estudios como protectores contra una variedad de enfermedades, particularmente el cáncer, la alergia, la inflamación enfermedades, y puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, considerando que las semillas de quinua son un alimento funcional (Gómez-Caravaca *et al.* 2014).

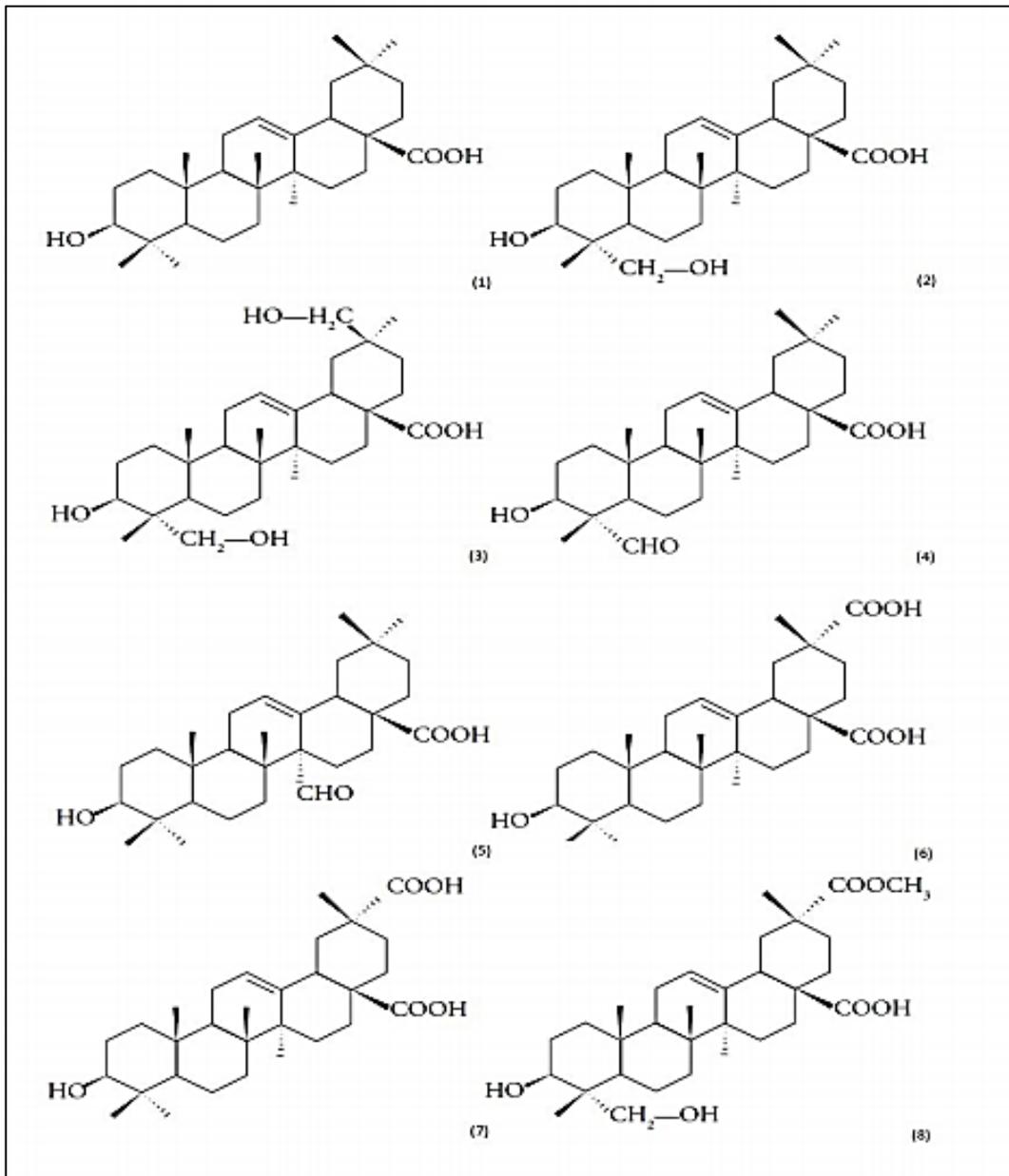
e. Minerales

La quinua es una buena fuente de hierro, magnesio y zinc si se compara con las recomendaciones al consumo diario de minerales (Koziol, 1992).

2.1.5. SAPONINA

Las saponinas son el principal factor antinutricional de las semillas de quinua. Están contenidas en la cáscara y son las responsables del sabor amargo. Su contenido permite distinguir las variedades de quinua como dulces (menor al 0,11 por ciento) o amargas (mayor al 0,11 por ciento) (Koziol, citado por Repo-Carrasco *et al.* 2003). Además del fuerte sabor amargo, se ha descubierto que las saponinas son ligeramente tóxicas para los animales y el ser humano, y por ello deben ser eliminadas antes del consumo del grano.

Las saponinas son metabolitos secundarios que constituyen una gran familia de compuestos estructuralmente constituidos por una sapogenina (también llamada aglicona), y por un azúcar (monosacáridos u oligosacáridos) a través de enlaces glucosídicos que les confieren un carácter anfífilo (Heng *et al.* 2006) y se puede apreciar sus diferentes formas agliconas en la Figura 1. Mientras que los enlaces glucosídicos se forman con la arabinosa, la glucosa, la galactosa, la xilosa, el ácido glucurónico y la ramnosa (Ahumada *et al.* 2016).



(1): Ácido oleanólico, (2): Hederagenina, (3): Ácido 3 β , 23, 30-trihidroxi olean-12-eno28-oico, (4): Gipsogenina, (5): Ácido 3 β -hidroxi-27-oxoolean-12-eno-28-oico, (6): Ácido espergulagénico, (7): Ácido serjanico, (8): Ácido fitolacagénico.

Figura 1: Estructuras de agliconas de saponinas elucidadas en quinua

FUENTE: Tomado de Ahumada *et al.* 2006

2.1.6. ETAPAS DE PROCESAMIENTO - POST COSECHA

Dentro del tratamiento post cosecha son básicos los procesos de limpieza, desaponización y secado. A continuación se detalla:

La limpieza de la quinua se puede realizar utilizando zarandas o mallas metálicas para retener impurezas como pajas, tierra, materia orgánica, entre otros.

La desaponización puede realizarse mediante: el lavado por agitación y turbulencia removiendo de esta manera la saponina con el uso de agua; por método de fricción o rozamiento (escarificado o pulido) el cual remueve la saponina por fricción eliminando de esta manera el episperma y segmentos secundarios del grano; por método termo mecánico en seco, la cual consiste en someter a calor seco a los granos de quinua para luego extraer la cáscara por fricción en seco; por método químico, para lo cual los granos son sometidos a una solución de hidróxido de sodio al 10 por ciento a 100 °C por un minuto y medio para luego lavar y secar; y por último el método combinado, el cual consiste en someter a los granos de quinua a medios mecánicos abrasivos y luego lavar los granos para extraer la saponina residual (Céspedes, 2018).

Por último se realiza la etapa de secado de los granos, para lo cual se pueden utilizar los métodos: secado natural, consiste en el secado a la exposición del aire por un tiempo no mayor a 15 días; secado artificial, donde se someten a los granos a la acción de una corriente de aire previamente calentado, en ambas tecnologías se lleva al grano a una humedad comercial de 12 – 14 por ciento (FAO, 2011).

2.1.7. DESAPONISADO

El problema que presenta la quinua para el consumo directo o para la agroindustria es el contenido de saponina, que se encuentra en el pericarpio o cáscara del grano, las concentraciones varían según las variedades. Para su eliminación se desarrollado varios métodos, las más importante son la desaponización vía seca, vía húmeda y combinación de ambas (Marca *et al.* 2011).

a. MÉTODO EN HÚMEDO

Según Marca *et al.* (2011) el desaponizado se puede realizar de forma manual y mecanizada. El método manual es muy adecuado para pequeños volúmenes, no requiere de equipos sofisticados, se puede realizar en pequeños recipientes y consiste en remojar en agua y frotar el grano por un tiempo determinado, luego se procede al secado. El método mecanizado consiste en los siguientes pasos secuenciales:

- Lavado

Es un tanque de acero inoxidable provisto de agitación y rompe olas. Tiene la función de crear un remolino y hacer visible la saponina. Además, selecciona las piedrecillas provenientes de campo.

- Enjuagado

Cumple la función de separar la espuma de la quinua en el momento del proceso de lavado, para este propósito el equipo tiene regaderas a manera de ducha dispuestas horizontalmente por donde circula la quinua lavada, frota la quinua y separa el agua amarga de la quinua lavada.

- Centrifugado

Permite eliminar el contenido de agua en la quinua lavada, a través de un cilindro donde en el interior tiene envases rectangulares con orificios de 1 mm de diámetro a manera de canastillo, que gira en forma circular en el interior del cilindro a altas velocidades.

- Secado

Proceso mediante el cual se elimina el contenido de humedad restante en el grano, hasta llegar a menos de 12 por ciento. La misma que se puede efectuar de manera natural (sobre mantas oscuras y exposición a la radiación solar) y a través de máquinas mediante transferencia de calor por convección.

b. MÉTODO EN SECO

También se conoce como escarificado y consiste en someter el grano a un proceso de fricción para eliminar las capas periféricas del mismo (que son las que contienen las saponinas), en forma de polvo (Torres *et al.* 1980). Se caracteriza por utilizar principios mecánicos, puede ser manual y mecanizado. El proceso manual consiste en frotar el grano ya sea con mano o utilizando un batán, para ello la quinua debe ser previamente pre tostado, es muy adecuado para pequeñas cantidades y practicado por los productores. Para desaponisar en grandes volúmenes, se requiere necesariamente de máquinas y equipos (Marca *et al.* 2011).

- Escarificador

La finalidad que tiene el escarificador es pelar el pericarpio del grano (cáscara) que cubre la quinua sin malograr el producto, además de efectuar la separación de ambos en diferentes productos de salida. Puede ser un tambor giratorio con paletas que giran a alta revolución por donde pasa la quinua y choca contra una malla perforada que separa la saponina en polvo. Otro modelo es un rodillo de acero inoxidable y a determinada distancia de este hay una malla perforada que realiza la separación de saponina en polvo (Marca *et al.* 2011).

Según INDECOPI (2014) el término escarificado se refiere a la operación física (proceso de fricción) mediante el cual se separa el pericarpio (cáscara) de la superficie del grano con la finalidad de eliminar la saponina porque esta última no es apta para el consumo humano.

2.2. INDUSTRIA DE LA QUINUA

2.2.1. PRODUCCIÓN DE QUINUA

De acuerdo a Chacchi (2009), actualmente la quinua que se produce en los andes, se cultiva generalmente en forma orgánica. Por ejemplo, alrededor del lago Titicaca, la quinua en rotación después de un cultivo de papa no requiere aplicación de fertilizantes químicos o 9 solos en pequeñas dosis en la mayoría de los casos; sin embargo, es necesario diferenciar los distintos sistemas de producción de la quinua. Un sistema es el que se cultiva en campos de rotaciones sectoriales, denominados layme o aynocas en el sur del Perú y Bolivia, en donde es fácil encontrar áreas de dos a seis hectáreas con solo quinua. En la región de los salares al sur de Bolivia sobre los 3600 m se cultiva la quinua en suelos alcalinos y arenosos, sembrada en forma muy distanciada para utilizar mejor la escasa humedad. En los valles

interandinos, entre 2000 a 3800 m, está asociada con otros cultivos como maíz, habas, papas u hortalizas.

En los últimos años numerosas alternativas tecnológicas se han investigado y propuesto para la producción de quinua orgánica sobre todo en Puno, Perú, y la región de los salares al sur del altiplano en Bolivia (Crodau, citado por Chacchi 2009).

2.2.2. EXPORTACIONES DE QUINUA

Fairlie (2016) menciona que de acuerdo a los datos provistos por FAO, los principales países productores son Perú y Bolivia. Perú es el primer productor de quinua seguido de Bolivia. Perú ha presentado una tendencia creciente respecto al aumento de su producción y exportación de quinua.

Las importaciones mundiales de quinua tuvieron una tendencia creciente durante el período 2010-2016; sin embargo, esta tendencia creciente ha ido disminuyendo en promedio a partir de año 2014, año en el que el Perú se convirtió en protagonista de las exportaciones de este cultivo. A pesar que la tasa de crecimiento ha caído en promedio, todavía se puede afirmar que hay una tendencia en el aumento de la demanda que se asocia en parte a las propiedades nutritivas del cereal y la popularidad que ha ganado este producto apto de cumplir con las expectativas de los consumidores y la tendencia del consumo de alimentos saludables y orgánicos (Benites *et al.* 2017).

Según lo que indica Benites *et al.* (2017), Perú fue el primer exportador de quinua a nivel internacional desde el año 2014, con una participación que ronda el 47.21 por ciento del total de comercio mundial de quinua en 2016. Cabe recordar que el crecimiento de las exportaciones peruanas en 2014 se debió principalmente a la entrada de la región costa como zona productora, lo que elevó considerablemente la producción y por tanto las exportaciones.

Bolivia yace como principal competidor de Perú; sin embargo, no ha podido contender con el nivel de comercialización del grano peruano en el extranjero, debido a diversos factores entre los que destaca que la mayor parte de su producción es orgánica, dirigida a un cierto tipo de mercado, a diferencia del Perú que tiene un espectro más amplio al ofrecer variedades orgánica y convencional que abren un número mayor de mercados.

2.3. SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD

El SGC (Sistema de gestión de la calidad) es aquella parte del sistema de gestión enfocada a dirigir y controlar una organización en relación con la calidad. Un enfoque para desarrollar e implementar un SGC (o para mantener y mejorar uno ya existente) comprende diferentes etapas tales como: determinar las necesidades y expectativas de los clientes y de otras partes interesadas; establecer la política y objetivos de la calidad de la organización; determinar procesos y responsabilidades necesarias para lograr los objetivos de la calidad; determinar y proporcionar los recursos necesarios para lograr los objetivos de la calidad; establecer los métodos para medir la eficacia y eficiencia de cada proceso; aplicar estas medidas para determinar la eficacia y eficiencia de cada proceso; determinar los medios para prevenir no conformidades y eliminar sus causas; establecer y aplicar un proceso para la mejora continua del SGC (Ministerio de Fomento, 2005).

Siendo el enfoque al cliente uno de los principios para la gestión de la calidad, es importante conocer quién será el cliente en la industria alimentaria, por lo que tenemos así como posibles clientes a: industrias, vendedores (intermediarios) y consumidores finales (Pietro *et al.* 2008). Si se toma en consideración que el sistema de gestión de calidad velará por la satisfacción del cliente se tiene que entender que deberá de cumplir con sus requisitos, considerados como especificaciones que la industria alimentaria deberá de implementar para controlar el proceso, siendo generalmente considerado como requisitos o parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos (Pietro *et al.* 2008).

2.3.1. ENFOQUE BASADO EN PROCESOS

La implantación de la gestión de procesos se ha revelado como una de las herramientas de mejora de la gestión más efectivas para todos los tipos de organizaciones.

Cualquier actividad, o conjunto de actividades ligadas entre sí, que utiliza recursos y controles para transformar elementos de entrada (especificaciones, recursos, información, servicios, etc.) en resultados (otras informaciones, servicios, etc.) puede considerarse como un proceso. Los resultados de un proceso han de tener un valor añadido respecto a las entradas y pueden constituir directamente elementos de entrada del siguiente proceso, como muestra en la Figura 2 (Ministerio de Fomento, 2005).

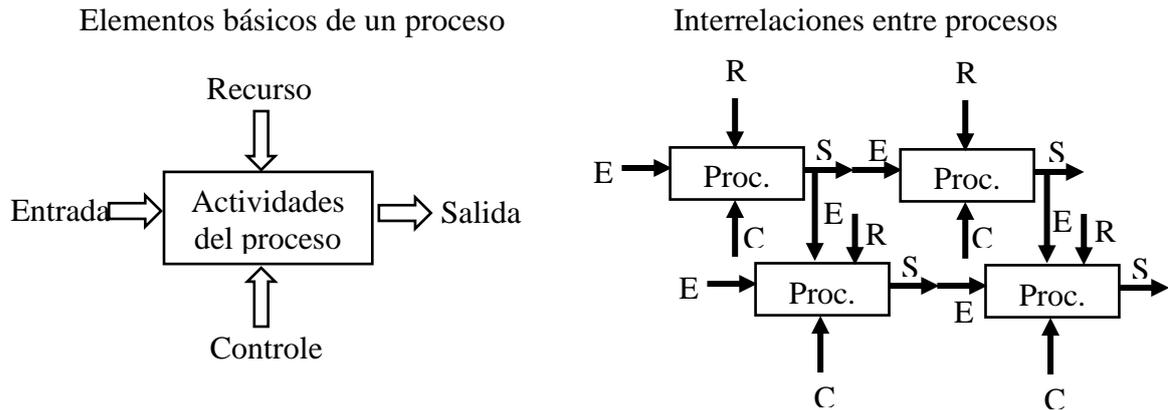


Figura 2: Representación de procesos e interrelación entre procesos

FUENTE: Ministerio de Fomento (2005)

Todas las actividades de la organización, desde la planificación de las compras hasta la atención de una reclamación, pueden y deben considerarse como procesos. Para operar de manera eficaz, las organizaciones tienen que identificar y gestionar numerosos procesos interrelacionados y que interactúan. La identificación y gestión sistemática de los procesos que se realizan en la organización y en particular las interacciones entre tales procesos se conocen como enfoque basado en procesos (Ministerio de Fomento, 2005).

Para que un conjunto de actividades ligadas entre sí conduzcan a un resultado determinado es necesario definir y controlar el proceso del que forman parte. La importancia de dirigir y controlar un proceso radica que no es posible actuar directamente sobre los resultados, ya que el propio proceso conduce a ellos. Para controlar el efecto (resultado) hay que actuar sobre la causa (proceso). La gestión por procesos está dirigida a realizar procesos competitivos y capaces de reaccionar autónomamente a los cambios mediante el control constante de la capacidad de cada proceso, la mejora continua, la flexibilidad estructural y la orientación de las actividades hacia la plena satisfacción del cliente y de sus necesidades. Es uno de los mecanismos más efectivos para que la organización alcance unos altos niveles de eficiencia (Ministerio de Fomento, 2005).

2.4. MÉTODO DE CONTROL BIOESTRUCTURADO DE PROCESOS

Por la complejidad del control de un proceso y de sus subprocesos, que se acrecienta por la interrelación existente entre ellos en un sistema, así como por el número y naturaleza de los mismos, se hace necesario tener un método que facilite la aplicación del control integral de todos ellos de forma eficiente y eficaz, para asegurar su calidad y la de sus productos.

El Método de Control Bioestructurado de Procesos, MCBP, a manera de un cuadro de mando integral, se presenta en la actualidad como una alternativa viable para lograr tal efecto. Al ser aplicado como una herramienta del Sistema de Gestión de la Calidad en instituciones educativas universitarias, posibilita medir la eficacia de cada uno de los procesos académicos y administrativos que se dan en la institución, y con ello facilitar la toma de decisiones en gestión (Luyo, 2017).

El Método de Control Bioestructurado de Procesos (MCBP) se alza como una alternativa viable con la que todo sistema de gestión pueda ser más efectivo. El método se basa en la analogía funcional de la estructura de un proceso con la estructura de un sistema biológico, donde la unidad básica funcional es la célula, el conjunto de células constituyen un tejido, el conjunto de tejidos un órgano y, finalmente, el conjunto de órganos el sistema.

En la Tabla 4 se presenta tal analogía, teniendo como ejemplo el sistema circulatorio y un proceso formativo como lo es una carrera profesional.

Tabla 4: Comparación de una bioestructura funcional con la estructura funcional de un proceso

Nivel	Estructura biológica	Estructura funcional de un proceso				
0	Sistema circulatorio	Proceso: Carrera profesional				
1	Órgano (Corazón)	Proceso: Enseñanza-aprendizaje				
2	Tejido (Miocardio)	Proceso 1 (Admisión)	Procesos del 2 al 11 (10 Ciclos académicos)		Proceso 12 (Graduación)	
3	Célula	Proceso 1 (Definir número de vacantes)	Proceso 2 (Difusión)	Proceso 3 (Selección de postulantes)	Proceso 4 Proceso n

FUENTE: Adaptado de UNSAAC (2016).

En el caso del proceso de nivel cero “carrera profesional” la unidad básica funcional es un proceso del nivel 3 (Tabla 5) como lo son: el proceso de definir el número de vacantes, difundir el concurso de admisión y la selección de postulantes. Estos tres procesos conforman el proceso de nivel 2: admisión, que conjuntamente con la evaluación de los 10 ciclos académicos que conforman la carrera y el proceso de graduación conformarían el proceso de enseñanza-aprendizaje (UNSAAC, 2016).

La analogía funcional constituye la base del control en el MCBP, así se tiene que: Si cada proceso análogo a una célula está controlado y con ello se asegura la calidad del mismo, se asegura la calidad del proceso análogo al tejido que lo constituyen y, como reacción en cadena, se estaría asegurando la calidad de los otros procesos análogos a los órganos que constituyen la carrera profesional (UNSAAC, 2016).

Tabla 5: Bioestructura funcional para el proceso de enseñanza-aprendizaje

NIVEL	0	1	2	3	4	5	PROCESO
0							Carrera profesional.
1							Enseñanza-aprendizaje.
2							Admisión.
3							Determinación del número de vacantes.
3							Difusión.
3							Selección.
2							Formación profesional.
3							Evaluación de la programación académica.
3							Evaluación del estudiante.
3							Evaluación del docente.
3							Evaluación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje.
3							Evaluación del proceso de Tutoría.
3							Evaluación de los Materiales Educativos.
3							Evaluación de la Infraestructura y equipamiento.
3							Evaluación de los Programas de Bienestar.
3							Evaluación del Financiamiento del proceso.
3							Evaluación del acceso a la información y comunicación.
2							Graduación.- Evaluación de fin de carrera (cognoscitiva).
3							Elaboración de la prueba de conocimiento.
3							Aplicación de la prueba.
3							Calificación.
3							Reporte y registro de los resultados de la calificación.
3							Difusión de los resultados.
2							Seguimiento del Egresado.
1							Actualización docente en su especialidad y técnicas didácticas.
1							Diseño y gestión del currículo de estudios.
1							Diseño y gestión de la infraestructura y equipamiento

FUENTE: UNSAAC (2016)

Luyo (2017) propone como bioestructura para el control de un proceso de elaboración de galletas a nivel industrial la presentada en la Tabla 6, donde se tienen cinco procesos de nivel uno y tres de nivel dos. Asimismo, propone la siguiente ecuación para el cálculo de las eficacias de cada proceso:

$$E = 1 - \left| \frac{Vm - Vo}{Vm} \right| \times 100$$

Donde:

E = Eficacia del Proceso/Subproceso/Procedimiento

Vm = Valor meta del indicador

Vo= Valor obtenido del indicador.

Debido a que los valores meta (Vm) poseen una tolerancia establecida por especificación, se establecerán límites críticos superiores e inferiores para los indicadores. El proceso/subproceso/procedimiento será eficaz si el valor observado (Vo) se encuentra dentro del rango dado por los límites: Valor meta inferior (Vmi) y Valor meta superior (Vms), siendo motivo de análisis para mejora si este valor está fuera de este rango o su diferencia con el valor meta (Vm) afecta la calidad del proceso (Luyo, 2017).

Tabla 6: Bioestructura propuesta para el proceso de fabricación industrial de galletas tipo sándwich rellenas de crema

NIVEL	0	1	2	PROCESO
0	Proceso de manufactura de galletas tipo sándwich rellenas de crema			
1				Mezclado
2				Etapa 1 del mezclado
2				Etapa 2 del mezclado
2				Etapa 3 del mezclado
1				Moldeado
1				Horneado
1				Formación del sándwich
1				Empacado

FUENTE: Luyo (2017)

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente proyecto se realizó en una empresa exportadora de procesamiento de granos andinos ubicada en la ciudad de Lima.

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos recolectados para el presente estudio se reportaron entre los meses de agosto a diciembre del año 2018, correspondiendo exclusivamente al proceso industrial de la quinua blanca destinada a la exportación.

Se escogió específicamente este producto ya que a nivel de planta representa el tipo de quinua con mayor volumen de producción, representando el 56.7 por ciento del total de la producción de la empresa como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Distribución de la producción total de la empresa por líneas de producción

Producto	Quinua blanca	Quinua roja	Quinua tricolor	Quinua negra	Chía negra	Cañihua	Kiwicha	Total
Porcentaje del total de producción anual (%)	56.7	24.9	10.4	4.0	3.0	1.0	0.1	100
Ton/año	536.57	235.75	98.91	37.64	27.97	9.0	0.66	946.60

Se tomaron los datos de los registros de producción que se tienen en la empresa, en los cuales los operarios registran los valores obtenidos de los controles de acuerdo a la frecuencia requerida detallando las cantidades, autor del registro, identificación del lote, hora y fecha.

Se realizó una recopilación de la información del total de datos de la producción de la quinua blanca desde el mes de agosto a diciembre del 2018 como se muestra en la Tabla 8.

La data total registrada durante los meses de agosto a diciembre se encuentra disponible en el ANEXO 1 al ANEXO 4.

Tabla 8: Total de producciones

Producción	Quinua blanca (kg/ mes)	Horas de Producción
Agosto	63038.80	56
Septiembre	40432.70	35.6
Octubre	48783.45	39
Noviembre	102492.70	108
Diciembre	52751.00	42

Así mismo, se identificaron los controles de todas las variables evaluadas en cada lote de producción:

- Humedad de materia prima (%)
- Saponina de materia prima (%)
- Peso de tierra polvo y pajilla (kg)
- Peso de saponina (kg)
- Porcentaje de saponina (%)
- Peso de grano menudo (kg)
- Peso de descarte óptico (kg)
- Peso final del producto (kg)
- Humedad final del producto (%)

3.2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DE LA IMPLEMENTACIÓN

A continuación, en la Figura 3 se detalla el esquema de las fases para la aplicación del Método de Control Bioestructurado de Procesos (Luyo, 2017):

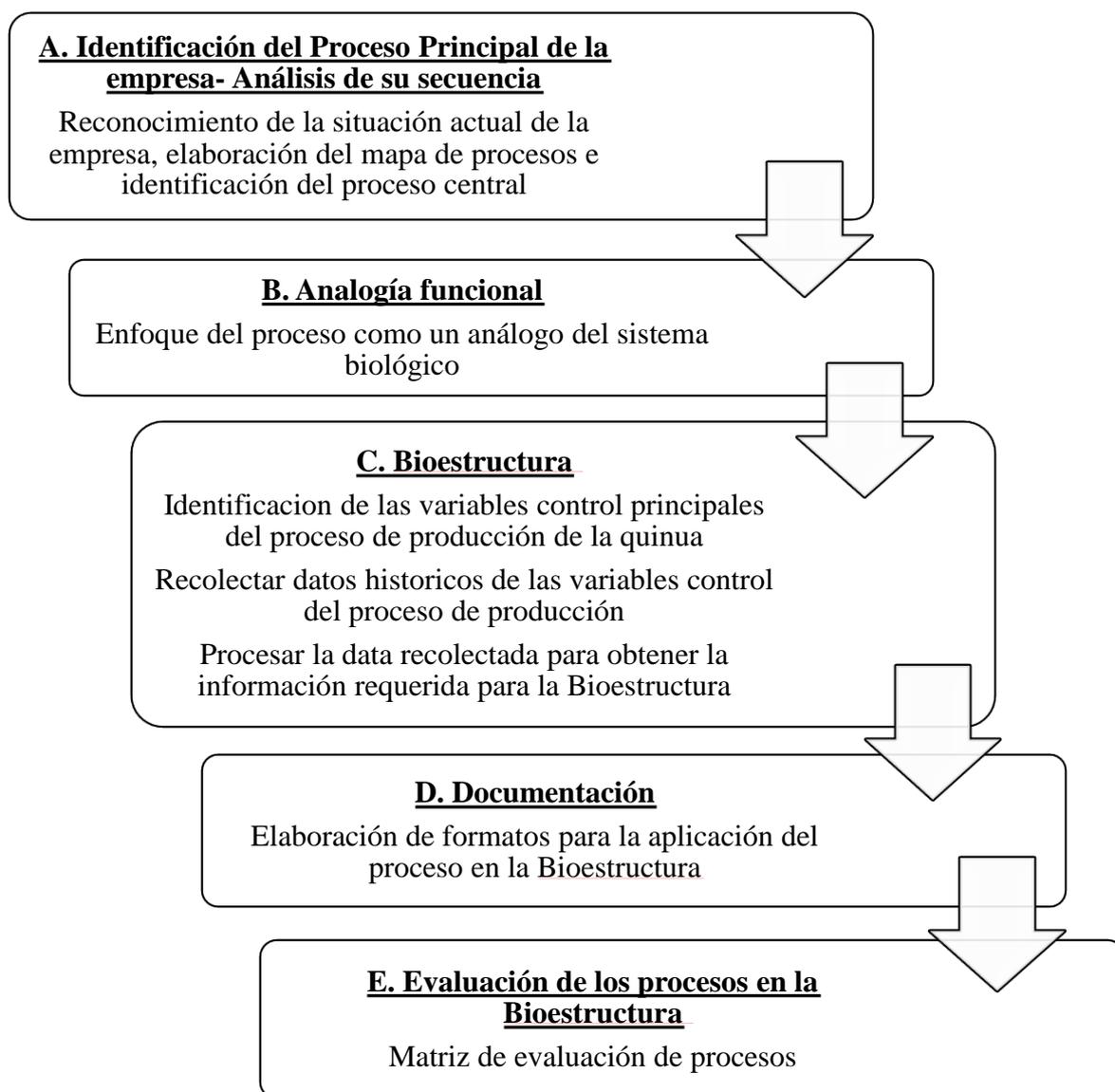


Figura 3: Propuesta del esquema de las fases para la aplicación del Método de Control Bioestructurado de Procesos

FUENTE: Luyo (2017)

a. Identificación del proceso principal de la empresa- Análisis de su secuencia

Consistió en el reconocimiento de la situación actual de la empresa, elaboración del Mapa de Procesos e identificación del proceso central. En esta fase se realizó un reconocimiento de la organización considerándose los siguientes puntos: a) Situación de la empresa en el mercado, b) Organización, c) Clientes y d) Procesos.

Una vez recopilada la información, se procedió a construir el mapa de procesos, donde se identificaron los procesos centrales de la empresa. En este caso, sobre la producción industrial de quinua de una empresa exportadora nacional.

b. Analogía funcional

Luego de haber presentado el mapa de procesos e identificado el proceso central, se procedió a clasificar los procesos y subprocesos en niveles y se elaboró la analogía funcional con la estructura biológica para generar posteriormente la bioestructura correspondiente como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Formato de analogía funcional de un proceso con la estructura biológica

ESTRUCTURA BIOLOGICA	BIOESTRUCTURA	
	PROCESO	NIVEL
Sistema circulatorio	Proceso nivel 0	0
Órgano (Corazón)	Subproceso nivel 1	1
Tejido (Miocardio)	Subproceso nivel 2	2
Célula	Subproceso nivel 3	3

FUENTE: Tomado de UNSAAC (2016)

c. Bioestructura

En esta etapa se identificaron las variables control principales del proceso de producción industrial de quinua. Se recolectaron datos históricos de las variables control involucradas en el proceso industrial de la quinua para poder procesar la data y así se obtuvo la información necesaria para elaborar la bioestructura.

Una vez definida y realizada la analogía funcional del proceso con la estructura biológica, se construyó la bioestructura como se muestra en la Tabla 10 usando como guía la Tabla 9. Es decir, en la bioestructura se coloca el proceso nivel cero, seguido del subproceso nivel uno, que contiene al subproceso nivel dos y que a su vez contiene al subproceso nivel tres, de acuerdo a la analogía funcional determinada para el mejor control de la eficacia de cada proceso.

Tabla 10: Formato de una bioestructura de un proceso

Nivel	0	1	2	3	Proceso	Código
0					Proceso Nivel 0	C00-000
1					Subproceso Nivel 1	C00-100
2					Subproceso Nivel 2	C00-110
3					Subproceso Nivel 3	C00-111

FUENTE: Tomado de Luyo (2017)

d. Documentación

Para la implementación de la Bioestructura se elaboraron formatos con códigos que se incluyeron en la Tabla 11.

Tabla 11: Códigos de los formatos según categoría de proceso

Código en la bioestructura	Categoría del proceso en la bioestructura	Tipo de formato	Código formato
X-0	Proceso Nivel 0		
CXX-000	Subproceso Nivel 1		
CXX-X00	Subproceso Nivel 2		
CXX- XX0	Subproceso Nivel 3		

FUENTE: Tomado de Luyo (2017)

e. Evaluación de los procesos de la bioestructura

La evaluación de los procesos se realizó a partir del análisis de los valores alcanzados en los indicadores establecidos.

En las columnas de Valores meta, se colocaron los valores calculados de valores meta inferiores (Vmi), valores meta superiores (Vms) y los valores meta los cuales son los objetivos (Vm). En la columna de valor observado para realizar la comparación se colocó el valor obtenido promedio de los datos extraídos de la producción de quinua blanca de cada mes indicado. Se midió la eficacia considerando los valores obtenidos en relación a los establecidos como meta, aplicando la matriz de la Tabla 10 y la siguiente fórmula de eficacia:

$$E = 1 - \left| \frac{Vm - Vo}{Vm} \right| \times 100$$

Donde:

E = Eficacia del Proceso/Subproceso/Procedimiento

Vm = Valor meta del indicador

Vo= Valor obtenido del indicador.

Debido a que los valores meta (Vm) poseen una tolerancia establecida por especificación, se establecieron límites críticos superiores e inferiores para los indicadores.

El proceso/subproceso/procedimiento es eficaz si el valor observado (Vo) se encuentra dentro del rango dado por los límites: Valor meta inferior (Vmi) y Valor meta superior (Vms), siendo motivo de análisis para mejora si este valor está fuera de este rango o su diferencia con el valor meta (Vm) afecta la calidad y rentabilidad del proceso.

El encargado de la línea bulk deberá informar al asistente de producción, y este al Jefe de producción, la eficacia de los subprocesos para que en caso hayan desviaciones se realicen acciones correctivas en el momento de acuerdo al instructivo “GA-I-P-10 Control de procesos mediante metodología MCBP” y no se perjudiquen las eficacias de los siguientes subprocesos, ya que los indicadores se irán actualizando de acuerdo a los pesos que se vayan obteniendo y registrando en paralelo durante la producción. Al final del turno el Asistente de Producción es el que debe emitir un reporte del turno en el que detalle la eficacia del

proceso para que el Jefe de Producción y Jefe de Aseguramiento evalúen las acciones correctivas llevadas a cabo.

En la Tabla 12 se muestra la matriz de evaluación de procesos en la bioestructura donde de manera sencilla se ordenan los valores meta, valores observados, y las eficacias por indicador/ subproceso/ proceso.

Tabla 12: Matriz de evaluación de procesos en la bioestructura

Subproceso/ Procedimien- to	Indica- dor	Valor Meta	Valor Observado	Eficacia para el indicador	Eficacia del subproceso/ procedimiento	Eficacia del proceso
1	1					
	2					
	3					
2	1					
	2					
3	1					
	2					
	3					
	4					
4	1					

FUENTE: Luyo (2017)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO PRINCIPAL DE LA EMPRESA

4.1.1. LA EMPRESA

La empresa de estudio es una empresa dedicada al procesamiento industrial de granos andinos y su posterior envasado para la exportación, siendo su producto líder la quinua. Esta empresa inició sus actividades en septiembre del 2014 con una planta que se ubicaba en la ciudad de Chiclayo; sin embargo, desde el 2017 la planta se ubica en Lurín, Lima.

4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La planta se dedica al procesamiento de granos andinos, los cuales incluyen la quinua, chia negra, kiwicha y cañihua.

El organigrama de la empresa se muestra en la Figura 4, se encuentra encabezado por el Gerente General, quien tiene a su mando diferentes jefaturas, como el área de Compras, Ventas, Producción, Aseguramiento de Calidad y Supply Chain,

Cabe resaltar que la empresa pertenece a una corporación, la cual en conjunto hacen un total de ocho empresas. Una de estas es la que le brinda servicios de consultoría de Gestión de talento, finanzas, contabilidad y diseño a la empresa exportadora, áreas que le reportan directamente al directorio de la corporación por lo que no se incluyen en el organigrama principal de la empresa.

En la Figura 5 se encuentra el mapa de procesos donde se observa el enfoque al cliente adoptado por la empresa. En él se muestran las interrelaciones de los diferentes procesos que se llevan a cabo. El presente trabajo identificó y se centró en el área de producción, siendo este el proceso más importante para generar rentabilidad en la empresa.

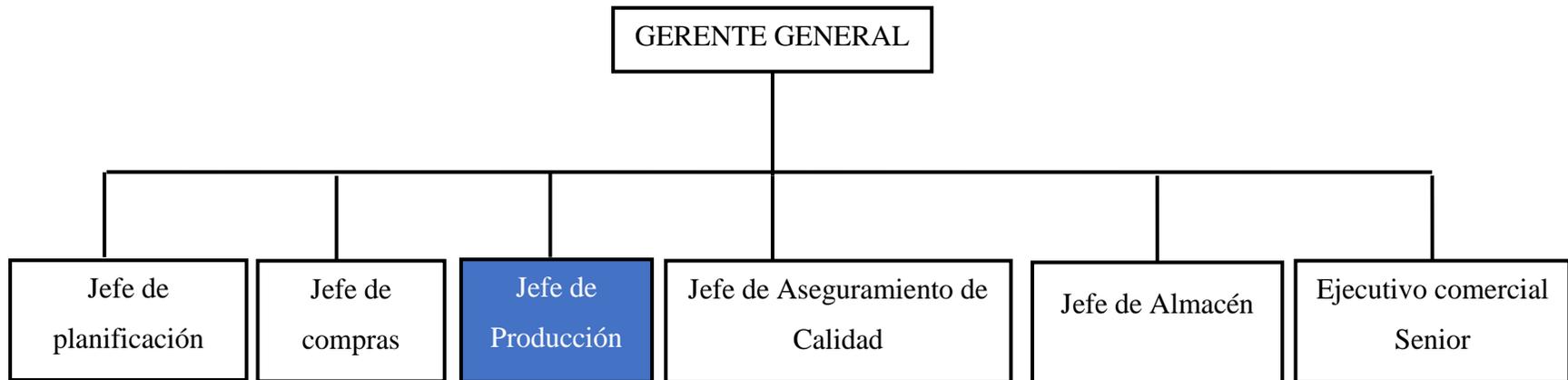


Figura 4: Organigrama de la empresa

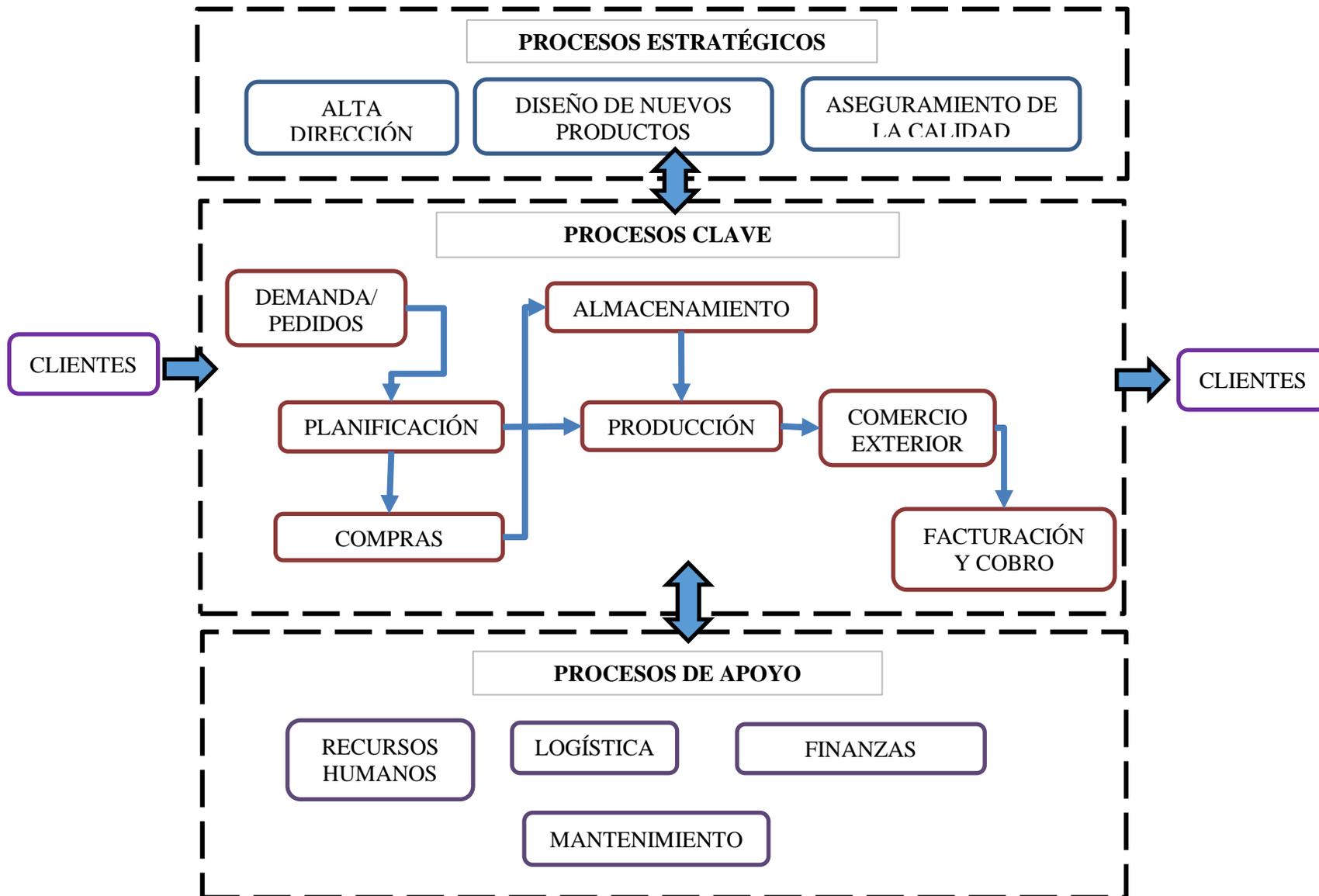


Figura 5: Mapa de procesos de la empresa

4.1.3. IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO PRINCIPAL DE LA EMPRESA

Luego de identificar los procesos que se realizan en la empresa, se determinó que el proceso principal es el de producción.

El área de producción está constituida por una línea de proceso continua en la que se procesan siete tipos de productos, procesos en los cuales son muy similares y solo se diferencian en la programación de ciertos equipos de la línea dependiendo del producto. En esta investigación se escogió el producto más representativo por demanda y volumen de producción, el cual representa el 56.7 por ciento de la producción anual de la empresa.

El procesamiento industrial de quinua blanca se realiza de acuerdo al flujo de operaciones presentado en la Figura 6, etapas que se detallan a continuación:

a. Acondicionamiento

Esta etapa consiste desde la llegada de la materia prima a la planta, su pesaje y la primera limpieza física.

- Recepción/pesado

La materia prima llega a planta acondicionada en sacos de polipropileno, la cual es muestreada y analizada para verificar si cumple con las especificaciones de calidad establecidas por la empresa, si el producto cumple se procede a su descarga, sino es rechazada. Luego de ser aceptada, es pesada y bajada de los sacos.

- Pre-limpia

Se realiza en un equipo con disposición de bandejas de distintos tamaños y un extractor a fin de tamizar y hacer el retiro mecánico de tierra, paja, grano menudo y otras impurezas. Luego es transportada en cangilones hacia el fluxómetro donde se controla y regula el caudal de granos que ingresa a la Despedradora.

- **Despedrado I**

En esta etapa se excluyen las piedras que se arrastran de etapas anteriores y se logra a través de la estratificación del producto según su peso específico. Luego es transportada en cangilones hacia la etapa de desaponizado.

b. Desaponizado

Esta etapa consiste en la reducción de la saponina en el producto mediante el método en seco, el cual consta de dos operaciones: el escarificado y pulido de la quinua.

- **Escarificado**

Los granos de quinua son escarificados de forma suave entre discos y tamices por fricción mecánica, donde se retira la cobertura externa del producto, retirando así la saponina, esta saponina es evacuada a través de las conexiones de aspiración hacia un ciclón de descarga y la quinua escarificada cae por gravedad a la pulidora.

- **Pulido**

Los granos de la quinua se frotan suavemente unos con otros, puliéndose capas de granos y removiendo las últimas partículas de cáscara, dándole al grano una superficie lisa de mejor apariencia y brillo, de ahí por gravedad cae al despedrado.

c. Despedrado II

En esta etapa se busca asegurar la extracción total de las piedras que no hayan sido extraídas en las etapas anteriores y el polvo que se genera es ciclonado para su posterior descarga. En la salida del equipo se dispone de una barra inmantada para atrapar partículas metálicas, de allí es transportada en cangilones hacia el equipo Gravimétrico.

d. Selección

Es el proceso por el cual pasa la quinua para poder ser seleccionada mediante el tamaño y color del grano respectivamente, para ello debe ser sometida a dos operaciones:

- **Selección Gravimétrica**

Consiste en que los materiales de diferente densidad son eliminados por medio de vibración y un sistema de presión de aire suspendido hacia arriba con diferentes velocidades. En la salida los granos salen clasificados por tamaño y peso. A la salida del equipo se dispone de una barra magnética con la finalidad de atrapar partículas metálicas.

- **Selección Óptica**

El principio de funcionamiento es que por haces de luz el equipo separa la variedad contrastante. Expulsando el producto de diferente color por medio del aire comprimido a unos sacos dispuestos en la parte inferior del equipo.

e. **Detección de Metales**

El producto pasa por la tolva el cual está acoplada al detector de metales con la finalidad de garantizar la ausencia de partículas ferrosas ($\leq 1,0$ mm), no ferrosas ($\leq 1,5$ mm) e inoxidables ($\leq 2,5$ mm).

f. **Envasado**

Esta etapa se basa en el envasado y sellado de los productos.

- **Pesado**

El producto limpio se envasa en sacos de polipropileno laminado o en sacos de papel Kraft y se pesa en forma automática a través de un equipo que permite hacer estas operaciones a la vez. Luego el personal operario verifica el peso en una balanza.

- **Sellado y rotulado**

Una vez verificado el peso se procede a coser los sacos y estos son rotulados con la etiqueta para identificarlos según la codificación.

g. **Almacenado**

El producto es almacenado en el área de producto terminado y semiterminado a temperatura ambiente y humedad relativa menor a 75 por ciento.

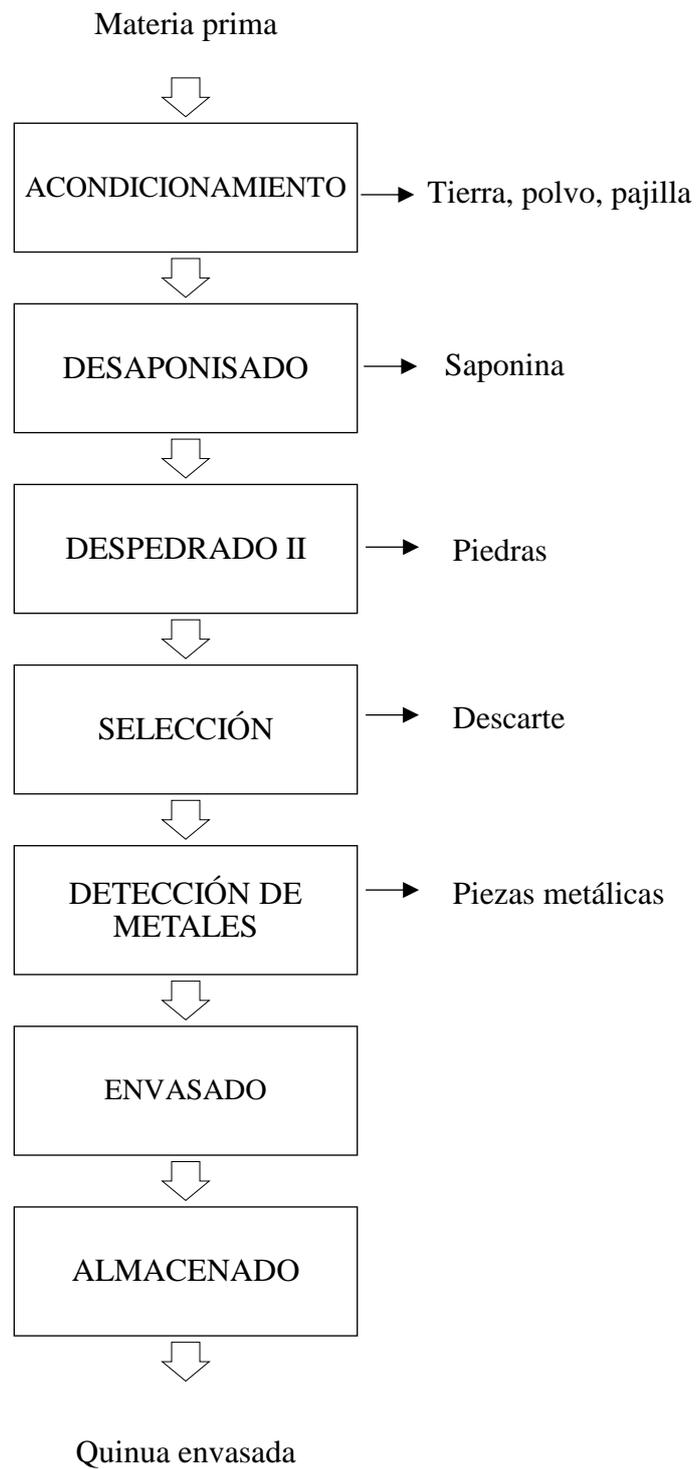


Figura 6: Diagrama de operaciones de proceso industrial de la quinua blanca

4.1.4. CONTROLES DE PROCESO

El control del producto a procesar inicia desde la recepción del grano andino, en este caso de la quinua.

Se cuenta con parámetros establecidos para decidir la aprobación de un lote a ingresar en planta, ya que de estos resultados depende la calidad final del producto y la rentabilidad de cada lote.

En la etapa de recepción, el Inspector de Calidad es quien analiza una muestra representativa del lote a descargar para evaluar sus características sensoriales como materia prima, las cuales se muestran en la Tabla 13.

Luego de haber sido aprobado, el producto ingresa a la línea de procesamiento en el cual se realizan diferentes controles que se rigen bajo límites descritos en las especificaciones de fabricación, los cuales se presentan en la Tabla 14.

En el proceso de acondicionamiento se controlan los pesos de ingreso del producto y unos de los parámetros más importantes del producto que es el porcentaje de humedad, también controlan los pesos que se obtienen de los descartes conocidos como “TPP” (tierra, polvo y pajilla).

Una de las etapas más importantes del proceso es el desaponizado. En la empresa se efectúa este proceso por el método en seco, el cual se realiza mediante dos pasos, en equipos acoplados a la línea: la escarificadora y pulidora. Durante esta etapa del procesamiento se controla la saponina residual en el grano de quinua y se debe controlar que resulte menor al nivel crítico como lo indica el CODEX ALIMENTARIUS (2018) de 0.12 por ciento de saponina que lo transforma adecuado para el consumo humano, esto se realiza con una frecuencia de cada hora. Así mismo, se controla el peso de la saponina extraída en físico puesto que depende de la cantidad que tenía inicialmente la materia prima para que la rentabilidad del producto sea mayor.

En la etapa de selección, se controlan los pesos de los descartes de grano menudo, es decir, los granos que no cumplen con la especificación del tamaño estándar del grano y; el descarte óptico, el cual se controla y regula mediante el porcentaje de grano contrastante que permanece en el producto final.

Finalmente, realizan un control en el envasado de los pesos del producto final, el rendimiento y la humedad final del producto procesado.

Tabla 13: Parámetros analizados en materia prima

Variable (%)
Humedad
Grano en flor
Tierra, polvo y pajillas (TPP)
Piedras y terrones
Grano menudo
Semillas extrañas (mostaza, trébol, silvestres, etc.)
Granos dañados (partidos y deformes)
Grano vano
Grano inmaduro
Variedad Contrastante
Grano manchado con saponina
Grano germinado con saponina
Saponina

Tabla 14: Límites críticos de especificación para los indicadores del proceso industrial de quinua

Variable (%)	VMI*	VM*	VMS*
Humedad inicial	7.7	11.1	13.2
Saponina inicial	0.02	0.3	0.4
Tierra, polvo y pajilla	0.54	1.36	2.17
Saponina eliminada	4.07	5	9.3
Saponina residual	0.005	0.006	0.01
Grano menudo	1.74	2.75	3.77
Descarte óptico	0.59	0.86	1.13
Rendimiento	73.87	85	93.62
Humedad final	8.2	11.37	12.5

*VMI: Límite crítico inferior de especificación, *VM: Valor meta, *VMS: Límite crítico superior de especificación.

4.2. ANALOGÍA FUNCIONAL

Continuando con la metodología, luego de haber identificado el proceso principal de la empresa en el mapa de procesos representado en la Figura 5, se procedió a clasificar los procesos y subprocesos en niveles y se elaboró la analogía funcional. Se determinó que el proceso de mayor jerarquía (nivel cero), es el “Proceso industrial de la quinua”, así mismo, este proceso contiene subprocesos de nivel uno, los cuales son: el acondicionamiento, desaponizado, selección y envasado. Los tres subprocesos contienen a su vez subprocesos de nivel dos, siendo para el acondicionamiento, el pesado y la pre limpieza; para el desaponizado, el escarificado y pulido; y para la selección, la selección gravimétrica y óptica. Para este proceso solo se identificaron subprocesos hasta el nivel dos.

La analogía funcional se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15: Analogía funcional propuesta para el proceso industrial de quinua

Proceso	Estructura funcional del proceso	Nivel
Proceso Nivel 0	Proceso industrial de quinua	0
Subproceso Nivel 1	Acondicionamiento	1
Subproceso Nivel 2	Pesado	2
Subproceso Nivel 2	Pre limpieza	2
Subproceso Nivel 1	Desaponizado	1
Subproceso Nivel 2	Escarificado	2
Subproceso Nivel 2	Pulido	2
Subproceso Nivel 1	Selección	1
Subproceso Nivel 2	Selección Gravimétrica	2
Subproceso Nivel 2	Selección óptica	2
Subproceso Nivel 1	Envasado	1

4.3. BIOESTRUCTURA

Una vez definida la analogía funcional del proceso con la estructura biológica, se procedió con la construcción de la bioestructura.

En la bioestructura representada en la Tabla 16 se coloca el proceso nivel cero “Proceso industrial de quinua”, seguido del subproceso nivel uno, que contiene al subproceso nivel dos, de acuerdo a la analogía funcional determinada en la Tabla 15. Además, cada nivel está identificado con un código el cual servirá para la posterior identificación del proceso/ subproceso en referencia.

Para plasmar la bioestructura elaborada del proceso se generó el formato “GA-F-P-10 bioestructura de un proceso”, presentado en el ANEXO 5.

Tabla 16: Bioestructura propuesta para el proceso industrial de la quinua

Nivel	0	1	2	Proceso
0				Proceso industrial de quinua
1				Acondicionamiento
2				Pesado
2				Pre limpieza
1				Desaponizado
2				Escarificado
2				Pulido
1				Selección
2				Selección Gravimétrica
2				Selección óptica
1				Envasado

4.4. DOCUMENTACIÓN

Para la implementación del método al proceso, se generó el formato “GA-F-P-11 Matriz de evaluación de procesos en la bioestructura” presentado en el ANEXO 6, siguiendo el instructivo de trabajo de control de procesos bajo la metodología MCBP, adjunto en el ANEXO 7.

En la Figura 7 se presenta el formato utilizado de matriz de evaluación de procesos para el procesamiento industrial de quinua en base al formato presentado en el ANEXO 6, a la bioestructura planteada en la Tabla 16 y a los límites identificados en la Tabla 14.

Se asignó como responsable de este formato al operario de producción de la línea bulk y como supervisor al jefe de producción.

Como parte de la implementación, se implementó el método de control bioestructurado de procesos (MCBP) solo para la línea de “Procesamiento Industrial de Quinua Blanca”, a manera piloto para luego implementarlo a todos los productos que se procesan en la misma línea de producción.

Adicional a ello, se elaboró una lección de un punto (LUP), el cual es una herramienta de comunicación para transferir conocimientos y habilidades simples o breves, documento que quedó como guía para el personal que se detalla en el ANEXO 8.

GRANOS ANDINOS S.A.C.	GRANOS ANDINOS S.A.C	Código	GA-F-P-11
	REGISTRO	Revisado	1.0
	Título:	Area	PRODUCCION
	Matriz de evaluación de procesos en la Bioestructura	Página	1 de 1

PROCESO:	Procesamiento industrial de quinua blanca
ELABORADO POR:	
LOTE:	

PRODUCTO:	Quinua Blanca
FECHA:	

Subproceso	Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso
		Vmi	Vms	Vm				
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)			-			
		%Humedad	7.7	13.2	11.1			
	%Saponina	0.02	0.4	0.30				
Pre limpieza	Peso de TPP							
	%TPP	0.54	2.17	1.36				
Desaponisado	Escarificado	Peso de saponina			-			
		%Saponina eliminada	4.068	9.314	5.000			
	Pulido	%Saponina residual (metodo espuma)	0.005	0.01	0.006			
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo			-			
		% grano menudo (<1.4 mm)	1.74	3.77	2.75			
	Selección optica	Peso de descarte optico						
%descarte optico		0.59	1.13	0.86				
Envasado	Peso final de producto				-			
	Rendimiento lote		73.87	93.62	84.99			
	%Humedad		8.20	12.50	11.37			

Figura 7: Formato de matriz de evaluación del procesamiento industrial de quinua

4.5. EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA BIOESTRUCTURA

Para proceder con este paso, se evaluaron y procesaron los valores obtenidos de la extracción total de los datos de producción durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2018 de acuerdo al punto 3.2.1. Matrices que se observan en la Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21.

Para el caso particular de la empresa, se exige como mínimo 95 por ciento de eficacia en el cumplimiento de los valores meta establecidos en las especificaciones, por lo que, para efectos de este estudio se tomó este valor como criterio de éxito o fracaso.

Tabla 17: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de agosto 2018

Subproceso	Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso	
		Vmi	Vms	Vm					
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)			-	-	92.68	92.32	
		Humedad (%)	7.7	13.2	11.1	11.8			93.69
		Saponina (%)	0.02	0.4	0.30	0.33			91.67
	Pre limpieza	Peso de TPP (kg)			-	-	91.96		
		TPP (%)	0.54	2.17	1.36	1.5			91.96
	Desaponizado	Escarificado	Peso de saponina (kg)			-	-		92.00
Saponina eliminada (%)			4.068	9.314	5.000	5.400	92.00		
Pulido		Saponina residual (método espuma) (%)	0.005	0.01	0.006	0.006	93.33	94.06	
							93.33		
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo (kg)			-	-	96.99		
		Grano menudo (%)	1.74	3.77	2.75	2.668			96.99
	Selección óptica	Peso de descarte óptico (kg)			-	-	-	91.75	
Descarte óptico (%)		0.59	1.13	0.86	0.790	91.75			
Envasado		Peso final de producto (kg)			-	-	-		
		Rendimiento lote (%)	73.87	93.62	84.99	85.075	99.90	96.89	
		Humedad (%)	8.20	12.50	11.37	12.07	93.88		

Tabla 18: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de septiembre 2018

Subproceso	Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso	
		Vmi	Vms	Vm					
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)			-		98.24	95.41	
		Humedad (%)	7.7	13.2	11.1	11.5			96.49
		Saponina (%)	0.02	0.4	0.30	0.30			100.00
	Pre limpieza	Peso de TPP (kg)			-	-			92.57
		TPP (%)	0.54	2.17	1.36	1.3	92.57		
	Desaponizado	Escarificado	Peso de saponina (kg)			-	-		
Saponina eliminada (%)			4.068	9.314	5.000	5.066	98.68		
Pulido		Saponina residual (método espuma) (%)	0.005	0.01	0.006	0.006	90.60	90.60	
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo (kg)			-	-		99.17	
		Grano menudo (%)	1.74	3.77	2.75	2.728	99.17		
	Selección óptica	Peso de descarte óptico (kg)			-	-		97.70	
		Descarte óptico (%)	0.59	1.13	0.86	0.841	97.70		
Envasado		Peso final de producto (kg)			-	-		97.79	
		Rendimiento lote (%)	73.87	93.62	84.99	85.808	99.03		
		Humedad (%)	8.20	12.50	11.37	11.77	96.55		

Tabla 19: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de octubre 2018

Subproceso	Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso	
		Vmi	Vms	Vm					
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)			-	-	88.66	91.84	
		Humedad (%)	7.7	13.2	11.1	10.7			96.10
		Saponina (%)	0.02	0.4	0.30	0.36			81.22
	Pre limpieza	Peso de TPP (kg)			-	-	95.02		
		TPP (%)	0.54	2.17	1.36	1.4			95.02
	Desaponizado	Escarificado	Peso de saponina (kg)			-	-		83.15
Saponina eliminada (%)			4.068	9.314	5.000	5.842	83.15		
Pulido		Saponina residual (método espuma) (%)	0.005	0.01	0.006	0.006	95.52	93.04	
							95.52		
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo (kg)			-	-	93.38		
		Grano menudo (%)	1.74	3.77	2.75	2.933			93.38
	Selección óptica	Peso de descarte óptico (kg)			-	-	98.46		
		Descarte óptico (%)	0.59	1.13	0.86	0.848		98.46	
Envasado		Peso final de producto (kg)			-	-	95.06		
		Rendimiento lote (%)	73.87	93.62	84.99	82.770		97.39	
		Humedad (%)	8.20	12.50	11.37	10.55		92.72	

Tabla 20: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de noviembre 2018

Subproceso	Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso	
		Vmi	Vms	Vm					
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)			-	-	85.24	88.01	
		Humedad (%)	7.7	13.2	11.1	11.2			98.86
		Saponina (%)	0.02	0.4	0.30	0.39			71.62
	Pre limpieza	Peso de TPP (kg)			-	-	90.79		
		TPP (%)	0.54	2.17	1.36	1.5			90.79
	Desaponizado	Escarificado	Peso de saponina (kg)			-	-		82.03
Saponina eliminada (%)			4.068	9.314	5.000	5.898	82.03		
Pulido		Saponina residual (método espuma) (%)	0.005	0.01	0.006	0.007	90.42	90.27	
							90.42		
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo (kg)			-	-	91.25		
		Grano menudo (%)	1.74	3.77	2.75	2.991			91.25
	Selección óptica	Peso de descarte óptico (kg)			-	-	88.21		
		Descarte óptico (%)	0.59	1.13	0.86	0.963		88.21	
Envasado		Peso final de producto (kg)			-	-	97.12		
		Rendimiento lote (%)	73.87	93.62	84.99	80.727		94.99	
		Humedad (%)	8.20	12.50	11.37	11.29		99.26	

Tabla 21: Matriz de evaluación de procesos en bioestructura del mes de diciembre 2018

Subproceso	Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso	
		Vmi	Vms	Vm					
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)			-	-	84.66	88.41	
		Humedad (%)	7.7	13.2	11.1	10.3			92.43
		Saponina (%)	0.02	0.4	0.30	0.37			76.89
	Pre limpieza	Peso de TPP (kg)			-	-	92.16		
		TPP (%)	0.54	2.17	1.36	1.5			92.16
Desaponizado	Escarificado	Peso de saponina (kg)			-	-	82.58		
		Saponina eliminada (%)	4.068	9.314	5.000	5.871		82.58	
	Pulido	Saponina residual (método espuma) (%)	0.005	0.01	0.006	0.005	87.33	91.36	
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo (kg)			-	-	95.95		
		Grano menudo (%)	1.74	3.77	2.75	2.862			95.95
	Selección óptica	Peso de descarte óptico (kg)			-	-	-	95.78	
		Descarte óptico (%)	0.59	1.13	0.86	0.823	95.62		
Envasado		Peso final de producto (kg)			-	-	96.30		
		Rendimiento lote (%)	73.87	93.62	84.99	82.244		96.77	
		Humedad (%)	8.20	12.50	11.37	10.90		95.83	

A partir de las matrices presentadas en la Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21, se evaluaron y compararon las eficacias de los procesos durante los cinco meses de estudio efectuando una gráfica, la cual se presenta en la Figura 8.

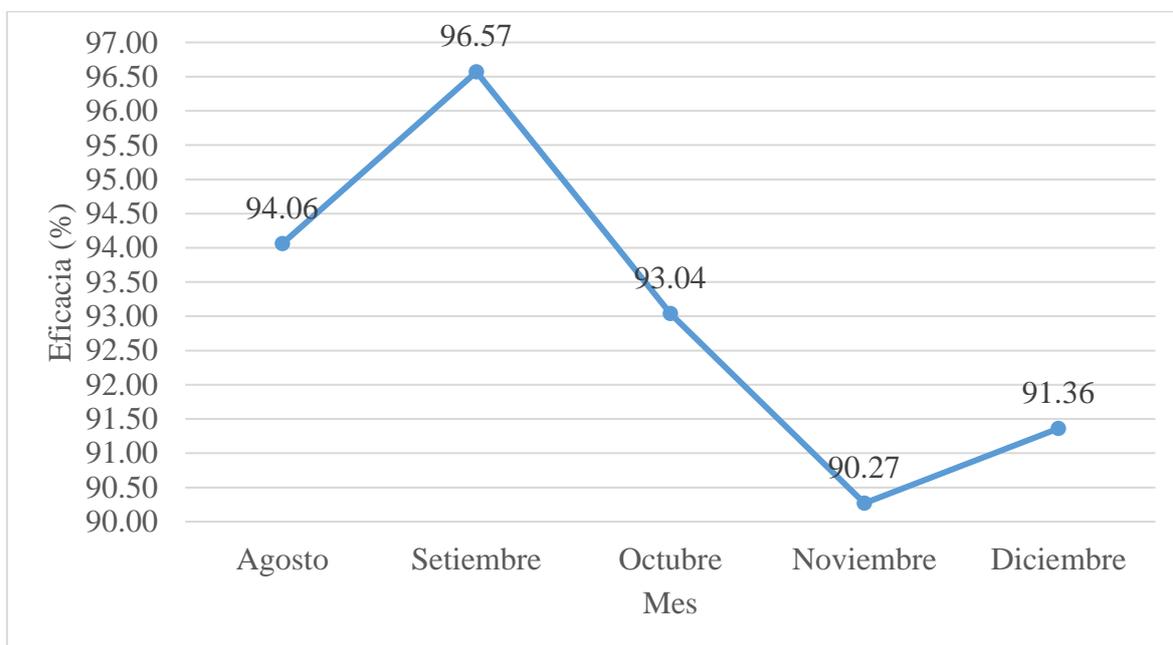


Figura 8: Eficacia del procesamiento industrial de quinua blanca de agosto a diciembre del 2018.

En la Figura 8 se observa la eficacia del proceso nivel cero “procesamiento industrial de quinua blanca”, Para el mes de Agosto se obtuvo una eficacia de 94.06 por ciento, en septiembre 96.57 por ciento, en octubre 93.04 por ciento, en noviembre 90.27 por ciento y en diciembre 91.36 por ciento.

Para la implementación el método se planteó establecer un cumplimiento de una eficacia de 95 por ciento en el proceso; sin embargo, con los datos analizados se observó que la eficacia promedio de los procesos entre los meses de estudio se encuentra entre 90 – 95 por ciento. En estos casos donde la eficacia se encontró fuera de control se tuvieron que evaluar en retrospectiva el comportamiento en los indicadores de los subprocesos que lo afectan directamente, para encontrar el valor que causó la desviación y a su vez encontrar la causa raíz, lo cual se discute líneas abajo.

En la Tabla 17, correspondiente al mes de agosto se reporta una eficacia de 94.06 por ciento, el cual está por debajo del límite establecido de la empresa. Para poder incrementar este valor se tuvo que retroceder a la eficacia de los subprocesos, y se observó que los subprocesos a nivel dos en los cuales se obtuvieron eficacias más bajas fueron: la selección óptica con 91.75 por ciento y la pre-limpieza con 91.96 por ciento, por lo que para incrementar la eficacia a nivel cero se deben mejorar las eficacias de los indicadores acercando el valor observado al valor meta evaluando los valores de aceptación de materia prima para ambos parámetros.

En la Tabla 18, correspondiente al mes de septiembre se reporta una eficacia de 96.57 por ciento, siendo este el único mes en el que se obtuvo una eficacia que supera el límite mínimo establecido. En la matriz se observa que la mayor parte de indicadores fueron superiores a la especificación límite de la empresa, como los subprocesos a nivel uno de acondicionamiento, selección y envasado; sin embargo, se observa que en el subproceso de desaponizado la eficacia se encuentra por debajo del límite por lo que se tienen oportunidades de mejora para este subproceso.

En la Tabla 19, correspondiente al mes de octubre se presenta una eficacia de 93.04 por ciento, siendo menor al mes anterior, en esta matriz se puede observar que los subprocesos de nivel dos de recepción y escarificado presentaron porcentajes menores al límite establecido por lo que estos subprocesos tienen oportunidades de mejora para incrementar su eficacia.

La Tabla 20, correspondiente al mes de noviembre se presenta una eficacia de 90.27 por ciento, siendo la eficacia más baja de los cinco meses de estudio. Se observa que los subprocesos en los que se pueden mejorar fueron nuevamente en el subproceso a nivel uno del desaponizado y específicamente en el subproceso a nivel dos de escarificado, donde se aprecia que el valor observado promedio se aleja del valor meta de manera notoria. Esto se identificó desde el valor promedio observado en el subproceso a nivel uno de la recepción, puesto que el valor promedio del porcentaje de saponina es alejado de valor meta establecido para dicho subproceso.

En la Tabla 21, correspondiente al mes de diciembre, se reporta una eficacia de 91.36 por ciento. Se observa que los subprocesos que presentan indicadores más bajos son a nivel uno

el acondicionamiento y desaponizado, por lo que es posible implementar mejoras para incrementar la eficacia en el nivel cero del proceso.

En el proceso industrial de quinua es muy importante tener parámetros establecidos para la aprobación o rechazo de la materia prima ya que dependiendo de cómo ingresa el producto, se debe regular la línea de producción.

En la empresa, al recibir el producto en la planta se realiza un análisis sensorial general para evaluar las características físicas de la materia prima; sin embargo, los parámetros de mayor importancia que deben ser medidos y controlados antes de aceptar el ingreso del producto son el contenido de saponina y la humedad del grano, es por ello que se colocaron estos dos parámetros como control al elaborar la Bioestructura, porque tienen gran influencia sobre los indicadores que se obtendrán en los procesos siguientes. Adicionalmente, la empresa cuenta con valores máximos establecidos para la evaluación de todas las variables que se basan en data histórica, la Norma Técnica Peruana y en lo que requieren los clientes.

La humedad del grano debe controlarse estrictamente antes de aceptar la mercadería puesto que en la línea de proceso no se cuenta con equipos que disminuyan el porcentaje de humedad, es por ello que, el porcentaje de humedad con el que ingresan los granos es un importante indicador del porcentaje que tendrá el producto terminado, como puede observarse en la Figura 9.

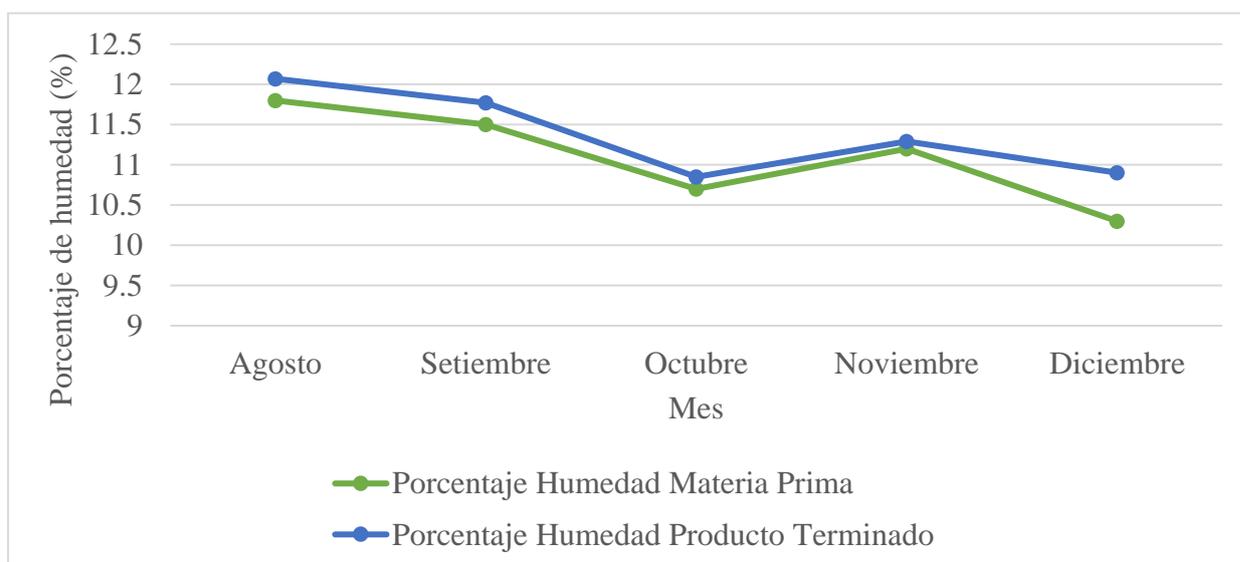


Figura 9: Comparación del porcentaje de humedad de quinua blanca como materia prima y producto terminado de agosto a diciembre del 2018.

Los inspectores de calidad realizan un muestreo representativo de todo el lote y miden este valor, siendo su resultado la definición de la aceptación o el rechazo del producto. Los valores promedios de la humedad obtenidos de la materia prima durante los meses de estudio oscilaron entre 10.3 – 11.8 por ciento, valores los cuales están dentro del valor máximo indicado por INDECOPI (2014), siendo 12.5 por ciento, de igual forma, se encuentra dentro del valor máximo aceptado por el CODEX ALIMENTARIUS (2018), el cual es 13.5 por ciento. También son cercanos a los valores indicados por Blanco *et al.* (2001) quienes reportan humedades para quinua blancas de Junín, Ancash y Cuzco valores de 12,34, 12,54 y 12,07 por ciento, respectivamente.

En la Figura 9 se puede observar que los porcentajes de humedad de la materia prima son menores que los de producto terminado, esto se debe a que durante el proceso de desaponizado, en el subproceso a nivel dos, el “pulido”, se le adiciona un flujo mínimo de agua potable para obtener un grano menos opaco, es por ello que los valores esperados de humedad de aceptación de la materia prima deben ser cercanos a 11.1 por ciento, lo cual se refleja en la bioestructura. Se determinó este valor puesto que en los meses de invierno en los campos de cultivo es difícil mantener la humedad baja por las condiciones del clima.

Sobre el porcentaje de saponina con el que ingresa la materia prima, este valor influye en el proceso de desaponizado, puesto que a mayor cantidad de saponina en la materia prima, mayor es el descarte que se obtiene en la línea de producción y menor el rendimiento que se obtiene, lo que le disminuye la rentabilidad del proceso a la empresa.

Luego de haber implementado y evaluado los comportamientos del proceso durante los meses de estudio con la matriz del control bioestructurado, en los cuales no se estuvo cumpliendo con el límite de eficacia mínimo establecido (95 por ciento) se determinó establecer un parámetro de recepción como máximo de 0.32 por ciento de saponina en la materia prima para poder aceptar el producto y obtener una rentabilidad adecuada y conveniente a la empresa, esto se fundamenta con lo observado durante los cinco meses de estudio, donde se pudo identificar que mientras mayor es el porcentaje de saponina con el que se acepta para el ingreso de lotes de materia prima, mayor es la cantidad de descarte en peso de saponina y menor el rendimiento obtenido los lotes de producto terminado. Es por ello, que en el único mes en el que los valores promedios observados estuvieron por debajo de este porcentaje de saponina se cumplió con el límite mínimo establecido de eficacia, como puede observarse en la Tabla 18.

Se pudo identificar en la matriz del mes de noviembre 2018, mes en el cual se aceptaron lotes para su procesamiento que contuvieron en promedio 0.39 por ciento de saponina cuantificadas por el método de espuma (ver ANEXO 9), que al aceptar estos valores de saponina en la materia prima se obtuvieron mayores descartes de porcentaje en peso de saponina luego del procesamiento, como se puede observar en la Figura 10 y Figura 11, lo que conllevó a obtener el rendimiento y la eficacia promedio menor de los cinco meses. Siendo este caso no conveniente para la rentabilidad que requiere la empresa.

Para validar el parámetro establecido de saponina de acuerdo a lo observado durante los cinco meses de estudio, se presentaron los resultados a la gerencia de la empresa y se les planteó incluir este valor de aceptación máximo de porcentaje de saponina dentro de los parámetros ya determinados para aprobar una materia prima.

Esto se realizó como prueba a partir de marzo 2019 y se evaluaron los procesos de estos lotes con la matriz de la bioestructura, obteniéndose a partir de ello valores por encima del 95 por ciento de eficacia en el proceso de cada lote como puede observarse en el ANEXO 10 y ANEXO 11 como ejemplos de lotes escogidos aleatoriamente registrados con el formato de la matriz de la Bioestructura, por lo que luego de dos meses de prueba se determinó incluir definitivamente este valor dentro de los parámetros de la empresa.

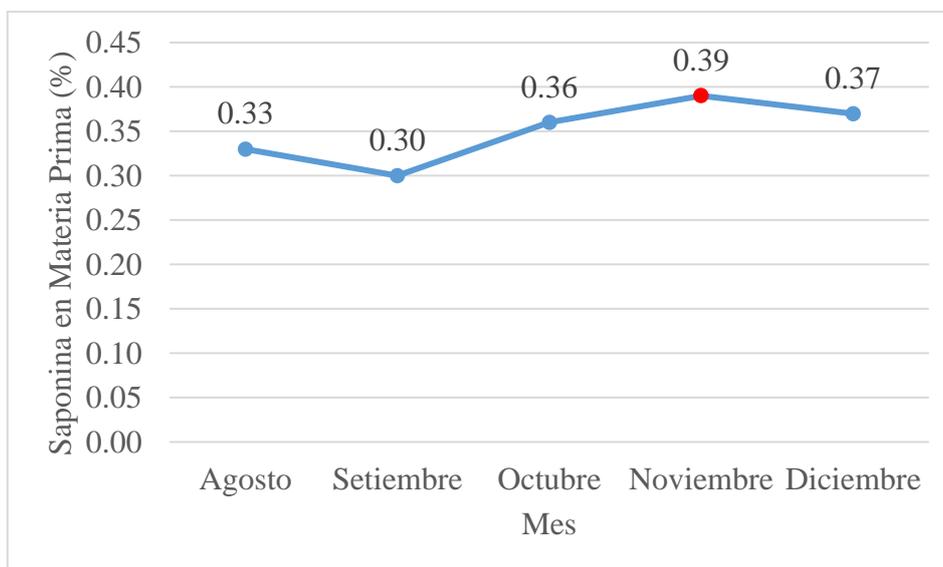


Figura 10: Promedio del porcentaje de saponina en la recepción de la materia prima de agosto a diciembre del 2018.

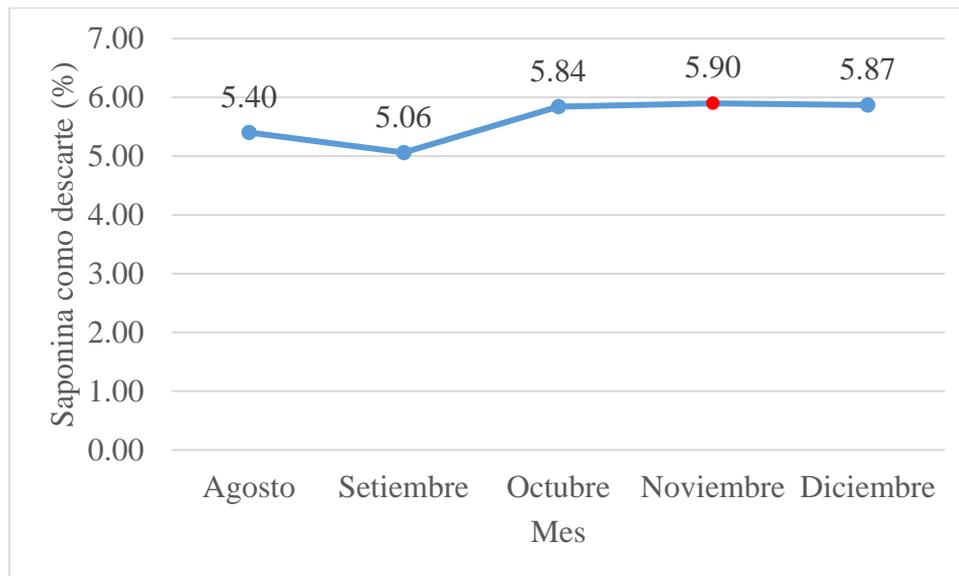


Figura 11: Promedio del porcentaje de saponina en peso obtenida como descarte en proceso de agosto a diciembre del 2018.

Al evaluar los porcentajes de saponina en la materia prima de los meses de estudio se observaron que los valores oscilaron entre 0.3 – 0.39 por ciento, de acuerdo a lo que indica Koziol, citado por Gómez y Eguiluz (2012), las quinuas con nada o poca espuma (0 – 0,7 cm de altura de espuma) pueden llamarse «dulces» (0,0 – 0,07 por ciento) y las quinuas con mucha espuma (más de 6,6 cm de altura de espuma o 0,832 por ciento) pueden llamarse «muy amargas». De acuerdo a esto, la materia prima en estudio es «semidulce», ya que es conveniente para el rendimiento y eficacia del proceso de la empresa utilizar este tipo de quinua.

El porcentaje de saponina en el laboratorio de calidad de la empresa se determina mediante el método de espuma (afrosimétrico) de acuerdo a INDECOPI (2016), como ya se mencionó en la descripción del proceso de desaponizado, este se lleva a cabo mediante el método en seco que consta del escarificado. Luego de todo el proceso, en el producto terminado se observó que los porcentajes de saponina obtenidos oscilaron entre 0.005-0.007 por ciento lo cual indica que en promedio la disminución de la saponina en el proceso de desaponizado es del 99.98 por ciento, obteniendo una eficacia óptima y logrando porcentajes que son aptos para el consumo humano, de acuerdo a lo indicado por la FAO (2011), donde el nivel máximo aceptable de saponina en la quinua para consumo humano oscila entre 0,06 y 0,12 por ciento.

Sobre el subproceso nivel uno de selección, el cual contiene a los subprocesos de nivel dos de selección gravimétrica y óptica, también se tiene parámetros máximos establecidos de aceptación en la materia prima. Estos subprocesos se llevan a cabo por dos equipos; la gravimétrica y el selector óptico respectivamente.

De acuerdo a lo indicado por INDECOPI (2014), los granos se clasifican en 3 tipos: grandes (diámetro mayor a 1.7 mm), medianos (diámetro entre 1.7 -1.4 mm) y pequeños (diámetro menor a 1.4 mm), es por ello que en la empresa los granos denominados “pequeños” los identifican como grano menudo y se considera descarte, ya que los granos de exportación son considerados solo los que se encuentran dentro de la clasificación de granos “medianos”, por naturaleza de la mayoría de los granos que provienen del Perú.

V. CONCLUSIONES

1. El Método de Control Bioestructurado de Procesos, MCBP, puede ser aplicado al procesamiento industrial de quinua.
2. Se definió la bioestructura del procesamiento industrial de quinua tomando como proceso nivel cero el procesamiento industrial de quinua blanca, como subprocesos nivel uno el acondicionamiento, desaponizado, selección y envasado, y como subprocesos de nivel dos, la recepción, pre limpieza, escarificado, pulido, selección gravimétrica y selección óptica.
3. La bioestructura construida permitió identificar los subprocesos que ocasionaron el descenso de la eficacia del proceso mes a mes y a su vez permitió identificar qué indicadores provocaron el descenso de la eficacia requerida, haciendo posible determinar nuevos parámetros para asegurar el cumplimiento de esta.
4. La bioestructura permitió determinar el parámetro identificado de límite máximo de porcentaje de saponina para evaluar el cumplimiento de la eficacia mínima requerida en los procesos de los siguientes meses.
5. Se comprobó que la bioestructura con la documentación generada del MCPB conforman herramientas que permiten el control rápido y específico del proceso en estudio, el proceso industrial de quinua blanca.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda replicar el trabajo realizado para los demás productos que se procesan en la empresa.
- Se recomienda a futuros estudios continuar con la evaluación e implementación del método de control bioestructurado para poder generar comparaciones y tener una mejora continua del método.
- Se recomienda extender la metodología del método de control bioestructurado de procesos a los diferentes rubros de la industria.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Ahumada, A.; Ortega, A.; Chito, D.; Benitez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas* 45(3):438-469. doi: 10.15446/rcciquifa.v45n3.62043
- ALADI (Asociación Latinoamericana de Integración); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). *Tendencias y Perspectivas del Comercio Internacional de Quinoa*. Santiago, Chile. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3583s.pdf>
- Apaza, V.; Cáceres, G.; Estrada, R.; Pinedo, R. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*. Primera edición. Perú. 17-19 p.
- Aranda, B. (2017). *Manual de gestión de la inocuidad FSSC 22000 para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) envasada en Agro Exportadora Andina S.A.C.* (Trabajo Académico para optar por el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Benites, J.; Cruz, E. (2017). *Determinantes de la oferta exportable de quinua peruana para el periodo 2000-2016*. (Tesis para optar por el título de Licenciado en Administración y Negocios Internacionales). Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/13010>
- Blanco, T.; Alvarado-Ortiz, C., Muñoz, A.; Muñoz, C. (2001). *Evaluación de la composición nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedente de los departamentos de Junín, Puno, Apurímac, Cusco y Ancash*. Recuperado de https://medicina.usmp.edu.pe/medicina/horizonte/2002/Art2_Vol2_N1-2.pdf

- Céspedes, S. (2018). Gestión de calidad en las líneas de pastas, productos instantáneos y quinua en la empresa ALICORP S.A.A.: controles microbiológicos, fisicoquímicos y de inocuidad. (Trabajo Académico para optar por el título de Biólogo). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3206/cespedes-gregorio-sara-diana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chacchi, K. (2009). Demanda de la quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*) a nivel industrial. (Tesis para optar el grado de Magister Scientiae). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1642/AGR%2016-34-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Codex Alimentarius. (2018). Proyecto de Norma para la quinua. Recuperado de http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FCircular%252520Letters%252FCL%2525202018-25%252Fcl18_25s.pdf
- Corporación de Desarrollo Departamental de La Libertad, Perú (CORLIB); Junta del Acuerdo de Cartagena, Perú (JUNAC). (1988). Cultivos autoctonos: revalorización y uso. 1 ed. Perú, Programa Andino de Desarrollo Tecnológico para el Medio Rural.
- Encina-Zelada, C.; Pereira, E.; Baros, L.; Gonzales-Barron, U.; Cadavez, V.; Ferreira, I. (2018). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinua) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry* 280, 110–114. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.12.068
- Fairlie, A. (2016). La quinua en el Perú: cadena exportadora y políticas de gestión ambiental. Primera edición. Lima, Perú, INTE-PUCP. 86 p.
- Familiar, J.; Rodríguez, A.; Menéndez, A.; Briceño-Garmendia, C. (2016). Análisis Integral de Logística en Perú Parte 2d: Resultados por productos: Quinua. Banco Mundial. Lima, Perú.

- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Primera edición. Recuperado de <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). Valor nutricional de la quinua (en línea). Recuperado de <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/>.
- García, D. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua. (Tesis de maestría) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperada de <http://bdigital.unal.edu.co/4223/1/107475.2011.pdf>
- Gómez-Caravaca, A.; Iafelice, G.; Verardo, V.; Marconi, E.; Caboni, M. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*, 157, 174–178. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.023
- Gómez, L.; Eguiluz, A. (2012). Catálogo del banco de germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). 2 ed. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/catalogo-banco-germoplasma-quinua>
- Heng, L.; Vincken, J.; Hoppe, K.; Van Koningsveld, G.; Decroos, K.; Gruppen, H.; Van Boekel, M.; Voragen, A. (2006). Stability of pea DDMP saponin and the mechanism of its decomposition. *Food Chemistry* 99(2):326-334. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.07.045
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2014). GRANOS ANDINOS. Quinua. Requisitos. NTP 205.062. 2da edición. Lima. Perú. 28 dic. 25 p.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2016). GRANOS ANDINOS. Quinua. Determinación del contenido de saponinas por el método de la espuma. NTP 011.460. 1ra edición. Lima. Perú. 09 dic. 14 p.

- Jacobsen, S. & Mujica, A. (2001). El potencial de la quinua en la alimentación global. IV Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable.
- Koziol, M. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Food Composition and Analysis* 5(1): 35-68. doi: 10.1016/0889-1575(92)90006-6Get
- Küster, I.; Vila, N. (2017). Health/Nutrition food claims and low-fat food purchase: projected personality influence in young consumers. *Journal of Functional Foods*, 38, 66–76. doi 10.1016/j.jff.2017.08.046
- Luyo, J. (2017). Implementación del método de control bioestructurado de procesos en la fabricación industrial de galletas. (Trabajo académico para optar el Título de Ingeniería de Industrias Alimentarias). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Marca, S.; Chaucha, W.; Quispe, J.; Mamani, V. (2011). Comportamiento actual de los agentes de la cadena productiva de quinua en la región Puno. Puno, Perú.
- Maximixe Consult S.A., Perú. (2011). Informe de estructura y tendencias del Mercado de quinua. Lima, Perú. Editorial Sierra Exportadora. 32 p. Recuperado de <http://docplayer.es/27041087-Quinoa-informe-de-estructura-y-tendencias-del-mercado-de-diciembre-inventiva-para-la-competitividad.html>
- Ministerio de Fomento, España. (2005). Modelos para implantar la mejora continua en la gestión de empresas de transporte por carretera. Recuperado de <http://www.fomento.es/nr/rdonlyres/6502b215-d455-4479-9d098596b25a62c4/19620/carlosamigologica.pdf>.
- Navruz-Varli, S.; Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371–376. doi: 10.1016/j.jcs.2016.05.004
- Pietro, M.; Mouwen, J.; Lopez, S.; Cerdeño, A. (2008). Concepto de Calidad en la Industria Agroalimentaria. *Interciencia*, 33(4): 258-264. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33933405.pdf>

- Repo-Carrasco Valencia, R.; Serna, L. (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): as a source of dietary fiber and other functional components *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 31 (1): 225-230. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/cta/v31n1/35.pdf>
- Repo-Carrasco, R.; Espinoza, C.; Jacosen, S. (2003). Nutricional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Foods Reviews International* 19 (2): 179-189. doi: 10.1081/FRI-120018884
- Reyes, E.; Ávila, D.; Guevara, J. (2006). Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región andina. *Revista Avances Investigación en Ingeniería* 5: 86-97. doi: 10.18271/ria.2015.109
- Stikić, R.; Glamoclija, D.; Demin, M.; Vucelic-Radovic, B.; Jovanovic, Z.; Milojkovic-Opsenica, D.; Jacobsen, S.; Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science* 55(2):132-8. doi: 10.1016/j.jcs.2011.10.010
- Torres, H; Minaya, I. (1980). Escarificadora de quinua: diseño y construcción (en línea). Lima, Perú, IICA. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=kKbd95hcD_EC&pg=PA5&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false.
- Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC, 2016). Modelo Educativo de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Recuperado de <http://www.unsaac.edu.pe/media/k2/attachments/ModeloEducativoUNSAAC.pdf>
- Valdiviezo, M. (2014). Evaluación nutricional de la quinua *Chenopodium quinoa* Willd. (Trabajo monográfico para optar por el título de Ingeniero de Industrias Alimentarias). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: valores registrados en los subprocesos de acondicionamiento durante los meses de agosto a diciembre

	Porcentaje de humedad de materia prima	Porcentaje de saponina en materia prima	Porcentaje de tierra, polvo y pajilla	Muestra
Lote 1	11.43	0.44	1.98	20 kg
Lote 2	11.85	0.44	1.50	20 kg
Lote 3	11.10	0.26	1.28	20 kg
Lote 4	11.25	0.39	1.58	20 kg
Lote 5	11.20	0.32	1.67	20 kg
Lote 6	11.60	0.17	1.36	20 kg
Lote 7	12.05	0.35	1.41	20 kg
Lote 8	11.70	0.36	1.69	20 kg
Lote 9	11.52	0.26	1.31	20 kg
Lote 10	11.30	0.26	1.42	20 kg
Lote 11	11.30	0.35	1.50	20 kg
Lote 12	11.53	0.26	1.42	20 kg
Lote 13	11.70	0.20	1.44	20 kg
Lote 14	10.42	0.60	1.76	20 kg
Lote 15	11.35	0.02	1.07	20 kg
Lote 16	11.35	0.30	1.47	20 kg
Lote 17	10.00	0.35	1.22	20 kg
Lote 18	11.00	0.40	1.28	20 kg
Lote 19	11.70	0.26	1.41	20 kg
Lote 20	11.10	0.37	1.77	20 kg
Lote 21	11.20	0.30	1.40	20 kg
Lote 22	11.50	0.32	1.29	20 kg
Lote 23	11.20	0.32	1.68	20 kg
Lote 24	11.47	0.30	1.72	20 kg
Lote 25	10.32	0.31	1.21	20 kg
Lote 26	10.00	0.36	1.19	20 kg
Lote 27	11.80	0.26	1.87	20 kg
Lote 28	10.98	0.39	1.13	20 kg
Lote 29	10.50	0.48	1.39	20 kg
Lote 30	11.70	0.39	1.21	20 kg

ANEXO 2: valores registrados en los subprocesos de desaponizado durante los meses de agosto a diciembre

	Porcentaje en peso de saponina	Porcentaje de saponina residual en producto	Muestra
Lote 1	5.08	0.01	20 kg
Lote 2	4.70	0.01	20 kg
Lote 3	5.72	0.005	20 kg
Lote 4	5.30	0.01	20 kg
Lote 5	6.66	0.005	20 kg
Lote 6	5.98	0.005	20 kg
Lote 7	5.47	0.009	20 kg
Lote 8	5.18	0.005	20 kg
Lote 9	5.40	0.009	20 kg
Lote 10	5.17	0.007	20 kg
Lote 11	5.62	0.006	20 kg
Lote 12	5.58	0.005	20 kg
Lote 13	5.11	0.005	20 kg
Lote 14	5.22	0.005	20 kg
Lote 15	5.30	0.005	20 kg
Lote 16	5.76	0.006	20 kg
Lote 17	5.79	0.005	20 kg
Lote 18	5.74	0.005	20 kg
Lote 19	5.75	0.009	20 kg
Lote 20	5.77	0.005	20 kg
Lote 21	5.92	0.005	20 kg
Lote 22	5.14	0.005	20 kg
Lote 23	5.23	0.005	20 kg
Lote 24	5.52	0.005	20 kg
Lote 25	5.46	0.005	20 kg
Lote 26	5.31	0.005	20 kg
Lote 27	5.49	0.005	20 kg
Lote 28	5.96	0.005	20 kg
Lote 29	5.44	0.006	20 kg
Lote 30	5.22	0.005	20 kg

ANEXO 3: valores registrados en los subprocesos de la selección durante los meses de agosto a diciembre

	Porcentaje de descarte de grano menudo	Porcentaje de descarte de variedad contrastante	Muestra
Lote 1	2.95	1.16	20 kg
Lote 2	2.76	1.29	20 kg
Lote 3	3.47	1.38	20 kg
Lote 4	2.97	1.20	20 kg
Lote 5	2.70	0.90	20 kg
Lote 6	2.74	0.74	20 kg
Lote 7	2.99	1.09	20 kg
Lote 8	2.79	0.73	20 kg
Lote 9	2.90	0.81	20 kg
Lote 10	2.88	0.40	20 kg
Lote 11	2.77	0.72	20 kg
Lote 12	2.98	0.95	20 kg
Lote 13	2.96	0.86	20 kg
Lote 14	2.86	1.36	20 kg
Lote 15	2.65	0.73	20 kg
Lote 16	2.65	1.10	20 kg
Lote 17	2.38	0.82	20 kg
Lote 18	2.88	0.97	20 kg
Lote 19	2.45	0.87	20 kg
Lote 20	2.66	0.81	20 kg
Lote 21	2.44	0.85	20 kg
Lote 22	2.65	0.80	20 kg
Lote 23	2.03	0.81	20 kg
Lote 24	2.03	1.21	20 kg
Lote 25	2.90	0.87	20 kg
Lote 26	2.24	0.75	20 kg
Lote 27	2.83	0.88	20 kg
Lote 28	2.92	0.84	20 kg
Lote 29	2.90	0.85	20 kg
Lote 30	2.74	0.89	20 kg

ANEXO 4: valores registrados en los subprocesos del envasado durante los meses de agosto a diciembre

	Porcentaje de humedad de producto terminado	Rendimiento del lote	Muestra
Lote 1	12.34	86.74	20 kg
Lote 2	12.3	87.04	20 kg
Lote 3	12.28	86.15	20 kg
Lote 4	12.5	78.75	20 kg
Lote 5	12.2	84.74	20 kg
Lote 6	12.4	82.29	20 kg
Lote 7	12.2	86.23	20 kg
Lote 8	12.29	92.41	20 kg
Lote 9	12.31	89.44	20 kg
Lote 10	11.73	82.51	20 kg
Lote 11	12.4	92.00	20 kg
Lote 12	12.25	84.43	20 kg
Lote 13	12.44	84.46	20 kg
Lote 14	11.38	83.14	20 kg
Lote 15	12.32	89.29	20 kg
Lote 16	11.48	89.82	20 kg
Lote 17	10.2	83.33	20 kg
Lote 18	10.66	77.80	20 kg
Lote 19	10.9	85.29	20 kg
Lote 20	10.9	73.87	20 kg
Lote 21	10.25	89.24	20 kg
Lote 22	12	90.42	20 kg
Lote 23	11.2	86.30	20 kg
Lote 24	10.83	81.29	20 kg
Lote 25	10.1	84.01	20 kg
Lote 26	11.1	88.80	20 kg
Lote 27	11.4	88.26	20 kg
Lote 28	10.2	84.67	20 kg
Lote 29	11.4	78.00	20 kg
Lote 30	11.2	79.10	20 kg

ANEXO 5: formato para la bioestructura de un proceso

GRANOS ANDINOS S.A.C.	GRANOS ANDINOS S.A.C	Código	GA-F-P-10
	REGISTRO	Revisado	1.0
	Título:	Área	PRODUCCIÓN
	Bioestructura de un proceso	Página	1 de 1

PROCESO:

PRODUCTO:

Nivel	0	1	2	3	Proceso
0	Proceso Nivel 0				
1		Subproceso Nivel 1			
2			Subproceso Nivel 2		
3				Subproceso Nivel 3	

Elaborado por: Gestión de Calidad	Revisado por: Jefe de Producción	Aprobado por: Gerente General
-----------------------------------	----------------------------------	-------------------------------

ANEXO 6: Formato de la matriz de evaluación de procesos en la bioestructura

GRANOS ANDINOS S.A.C.	GRANOS ANDINOS S.A.C	Código	GA-F-P-11
	REGISTRO	Revisado	1.0
	Título:	Área	PRODUCCIÓN
	Matriz de evaluación de procesos en la Bioestructura	Página	1 de 1

PROCESO:	Procesamiento industrial de quinua blanca
ELABORADO POR:	
LOTE:	

PRODUCTO:	Quinua Blanca
FECHA:	

Subproceso		Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso
			Vmi	Vms	Vm				
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)			-				
		%Humedad	7.7	13.2	11.1				
		%Saponina	0.02	0.4	0.30				
	Pre limpieza	Peso de TPP			-				
		%TPP	0.54	2.17	1.36				
Desaponizado	Escarificado	Peso de saponina			-				
		%Saponina eliminada	4.068	9.314	5.000				
	Pulido	%Saponina residual (metodo espuma)	0.005	0.01	0.006				
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo			-				
		% grano menudo (<1.4 mm)	1.74	3.77	2.75				
	Selección optica	Peso de descarte optico			-				
		%descarte optico	0.59	1.13	0.86				
Envasado		Peso final de producto			-				
		Rendimiento lote	73.87	93.62	84.99				
		%Humedad	8.20	12.50	11.37				

ANEXO 7: Instructivo de trabajo control de procesos bajo la metodología MCBP

GRANOS ANDINOS S.A.C.	DOCUMENTOS DE GESTION	Código:GA-I-P-10
	INSTRUCTIVO SOBRE CONTROL DE PROCESOS BAJO LA METODOLOGIA MCBP	Versión:1.0 Fecha: 25 de julio 2018 Pág. 1 de 3

1. OBJETIVO

Documentar la instrucción para el correcto registro de control de procesos mediante la Metodología del Control Bioestructurado de Procesos.

2. DEFINICIONES

- 2.1. **Acción correctiva:** es la acción tomada para eliminar las causas de una no conformidad, defecto u otra situación no deseada, a fin de evitar su repetición.
- 2.2. **Método de Control Bioestructura de procesos (MCBP):** es un método el cual se presenta a manera de un cuadro de mando integral, posibilitando medir la eficacia de cada uno de los procesos de la empresa y con ello facilita la toma de decisiones en gestión.

3. RESPONSABLES

- 3.1. **Jefe de Aseguramiento de Calidad:** proveer soporte para la aplicación del MCBP. Conocer y difundir el presente instructivo a los responsables involucrados.
- 3.2. **Jefe de Producción:** encargado de la supervisión y evaluación de desviaciones en la eficacia de los procesos.
- 3.3. **Asistente de Producción:** encargado de supervisar el cumplimiento del presente procedimiento.
- 3.4. **Operario encargado de Línea Bulk:** personal capacitado y encargado de ejecutar el presente procedimiento, registra los datos en el formato indicado y reporta al asistente de producción y/o auxiliar jefe de producción en caso detecte alguna desviación.

4. FRECUENCIA

Cada vez que se lleve a cabo el proceso industrial de limpieza de quinua.

5. FORMATOS

GA-F-P-11 Matriz de evaluación de procesos en la Bioestructura

6. DESCRIPCIÓN

- 6.1. Tomar el formato de la carpeta de la red corporativa compartida de los formatos de gestión de calidad disponible en la ruta L:\Granos Andinos\Calidad\2018\Documentos Gestión 2018\Formatos\GA-F-P. Tomar el formato que se indica en el punto 5.

► Equipo ► FileServer ► Lima (L:) ► Granos Andinos ► Calidad ► 2018 ► Documentos Gestión 2018 ► FORMATOS ► GA-F-P

- 6.2. Completar en el formato los recuadros de "elaborado por" y "fecha" para comenzar a completar la matriz.

PROCESO:	Limpieza industrial de la quinua
ELABORADO POR:	

PRODUCTO:	Quinua Blanca
FECHA:	

GRANOS ANDINOS S.A.C.	DOCUMENTOS DE GESTION	Código:GA-I-P-10
	INSTRUCTIVO SOBRE CONTROL DE PROCESOS BAJO LA METODOLOGIA MCBP	Versión:1.0 Fecha: 25 de julio 2018 Pág. 3 de 3

- 6.7. Si la eficacia del proceso es menor a 95%, se deberá retroceder hacia el o los subprocesos que tengan la eficacia igual o menor a 95%, y a su vez retroceder hacia los indicadores que tienen una eficacia menor a este valor para identificar el origen de la desviación y aplicar la acción correctiva correspondiente.
- 6.8. Es responsabilidad del asistente de producción entregar el reporte al Jefe de Aseguramiento de Calidad y al Jefe de Producción para que puedan aplicar las acciones correctivas.

7. CONTROL DE CAMBIOS

Fecha	Descripcion de Cambios

ANEXO 8: Lección de un punto (LUP) para la matriz de evaluación de procesos en la bioestructura

GRANOS ANDINOS S.A.C.	GRANOS ANDINOS S.A.C	Código	GA-F-P-12
	PROCEDIMIENTO	Revisado	1.0
	Título:	Área	GESTION CALIDAD
	Lección de un punto: Manejo de matriz de evaluación de procesos en la Bioestructura	Página	1 de 1

Paso 1: Tomar el formato "GA-F-P-11 Matriz de evaluación de procesos en la Bioestructura" de la carpeta de la red corporativa compartida de los formatos de gestión de calidad disponible en la ruta L:\Granos Andinos\Calidad\2018\Documentos Gestión 2018\Formatos\GA-F-P.

Paso 2: Completar el nombre de la persona que está completando el formato y colocar la fecha y lote del producto a procesar

PROCESO:	Procesamiento industrial de quinua blanca
ELABORADO POR:	
LOTE:	

PRODUCTO:	Quinua Blanca
FECHA:	

Paso 4: Colocar en las celdas sombreadas de amarillo los valores indicados por los inspectores de calidad

Paso 3: Completar los pesos del lote que se está procesando en los espacios grises indicados

Nota: Los porcentajes de cada variable se obtendrán automáticamente con la fórmula:
Peso indicado en la celda/Peso de materia prima*100

Paso 5: El valor de la eficacia se obtendrá automáticamente por la siguiente fórmula cargada en la hoja de cálculo:

$$E = 1 - \left| \frac{Vm - Vo}{Vm} \right| \times 100$$

Subproceso	Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso
		Vm1	Vm2	Vm				
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)						
		%Humedad	7.7	13.2	11.1			
		%Saponina	0.02	0.4	0.30			
	Pre limpieza	Peso de TPP						
	%TPP	0.54	2.17	1.36				
Desaponizado	Escarificado	Peso de saponina						
		%Saponina eliminada	4.068	9.314	5.000			
	Pulido	%Saponina residual (metodo espuma)	0.005	0.01	0.006			
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo						
		% grano menudo (<1.4 mm)	1.74	3.77	2.75			
	Selección óptica	Peso de descarte óptico						
	%descarte óptico	0.59	1.13	0.66				
Envasado	Peso final de producto							
	Rendimiento lote	73.87	93.64	84.99				
	%Humedad	8.20	12.50	11.37				

Paso 6: La eficacia del subproceso se calculará como un promedio de la eficacia de los indicadores involucrados

Paso 7: La eficacia del proceso final se calculará como un promedio de la eficacia de los subprocesos involucrados

Paso 8: Si la eficacia del proceso es menor a 95%, se deberá retroceder hacia el/los indicador(es) que tiene una eficacia igual o menor a 95% para que pueda aplicarse la acción correctiva correspondiente.

Paso 9: Es responsabilidad del Asistente de Producción entregar el reporte al Jefe de Producción y al Jefe de Aseguramiento de Calidad que son quienes aplicarán las acciones correctivas necesarias.

ANEXO 9: Instructivo de análisis de saponina mediante el método de espuma

GRANOS ANDINOS S.A.C.	DOCUMENTOS DE GESTION	Código: GA-I-C-01 Versión: 2.0
	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINA POR EL METODO DE ESPUMA	Fecha: 15 de noviembre 2018 Página: 1 de 1

I. CONDICIONES NECESARIAS
1.1. MATERIALES Y EQUIPOS
Materiales y Equipos: <ul style="list-style-type: none">- Tubos de ensayo con tapones de rosca- Probeta de 10 ml- Cronometro- Balanza de precisión sensible al 0.01 g- Regla de precisión 0.1 cm- Gradilla o portatubos
1.2. OTROS
Este procedimiento es ejecutado por el área de Control de Calidad. La persona que ejecute esta labor deberá tener la capacitación, entrenamiento y la autorización de las Jefatura antes mencionada.
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES
<ol style="list-style-type: none">1. Pesar 0.5 ± 0.02 g de quinua y colocarlo en un tubo de ensayo.2. Añadir 5 ml. de agua destilada y cerrar el tubo de ensayo.3. Cronometrar 30 segundos mientras se agita de forma enérgica el tubo de ensayo.4. Dejar el tubo reposando durante 30 minutos, luego sacudir durante otros 30 segundos.5. Dejar en reposo durante 30 minutos, luego sacudir otra vez durante 30 segundos. Dar al tubo una ultima sacudida.6. Dejar en reposo durante 5 minutos, luego medir la altura de la espumas al 0.1 cm más cercano. <p>Calculos:</p> <p>El contenido de saponina de la quinua en grano entero, expresado en % se calcula aplicando la siguiente fórmula:</p> $P_s = \frac{(0.646xh) - 0.104}{m \times 10}$ <p>Donde:</p> <p>P_s = es el contenido de saponinas de la quinua, en porcentaje h = es la altura de la espuma, en cm m = es el peso de la muestra en g</p> <p>*Frecuencia: Los análisis de saponina se realizan tanto para Materia Prima como para Producto terminado.</p> <ul style="list-style-type: none">• Materia prima: Todos los lotes• Producto terminado: Todos los lotes
III. EXPRESIÓN DE RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none">- El resultado de la muestra analizada, debe ser expresada en porcentaje de saponinas.- Los resultados obtenidos deben reportarse desde el valor de 0.005% (0.2 cm) en adelante

ANEXO 10: Ejemplo lote de producto aleatorio procesado en abril 2019

GRANOS ANDINOS S.A.C.	GRANOS ANDINOS S.A.C	Código	GA-F-P-11
	REGISTRO	Revisado	1.0
	Título:	Área	PRODUCCIÓN
	Matriz de evaluación de procesos en la Bioestructura	Página	1 de 1

PROCESO:	Procesamiento industrial de quinua blanca
ELABORADO POR:	Encargado de línea bulk
LOTE:	G019041591

PRODUCTO:	Quinua Blanca
FECHA:	15/04/2019

Subproceso		Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso
			Vmi	Vms	Vm				
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)			-	13840.7	-	97.88	96.84
		%Humedad	7.7	13.2	11.1	11.2	99.10		
		%Saponina	0.02	0.4	0.30	0.31	96.67		
	Pre limpieza	Peso de TPP			-	180.0	-	95.80	
		%TPP	0.54	2.17	1.36	1.3005123	95.80		
Desaponizado	Escarificado	Peso de saponina			-	700.0	-	98.85	98.55
		%Saponina eliminada	4.068	9.314	5.000	5.0575477	98.85		
	Pulido	%Saponina residual (metodo espuma)	0.005	0.01	0.006	0.006	98.25	98.25	
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo			-	352.7	-	92.65	93.25
		% grano menudo (<1.4 mm)	1.74	3.77	2.75	2.5482815	92.65		
	Selección óptica	Peso de descarte optico			-	126.5	-	93.86	
		%descarte optico	0.59	1.13	0.86	0.9139711	93.86		
Envasado	Peso final de producto				-	12282.3	-	97.24	
	Rendimiento lote		73.87	93.62	84.99	88.740454	95.58		
	%Humedad		8.20	12.50	11.37	11.5	98.89		

ANEXO 11: Ejemplo lote de producto aleatorio procesado en mayo 2019

GRANOS ANDINOS S.A.C.	GRANOS ANDINOS S.A.C	Código	GA-F-P-11
	REGISTRO	Revisado	1.0
	Título:	Area	PRODUCCIÓN
	Matriz de evaluación de procesos en la Bioestructura	Página	1 de 1

PROCESO:	Procesamiento industrial de quinua blanca
ELABORADO POR:	Encargado de línea bulk
LOTE:	G019051392

PRODUCTO:	Quinoa Blanca
FECHA:	13/05/2020

Subproceso		Indicadores	Valores meta			Valor observado	Eficacia por indicador	Eficacia del subproceso	Eficacia del proceso
			Vmi	Vms	Vm				
Acondicionamiento	Recepción	Peso de la materia prima (kg)			-	19810.0	-	95.77	96.48
		%Humedad	7.7	13.2	11.1	10.9	98.20		
		%Saponina	0.02	0.4	0.30	0.28	93.33		
	Pre limpieza	Peso de TPP			-	261.4	-	97.20	
%TPP		0.54	2.17	1.36	1.3195356	97.20			
Desaponizado	Escarificado	Peso de saponina			-	994.0	-	99.65	98.95
		%Saponina eliminada	4.068	9.314	5.000	5.0176678	99.65		
	Pulido	%Saponina residual (metodo espuma)	0.005	0.01	0.006	0.006	98.25	98.25	
Selección	Selección gravimétrica	Peso de grano menudo			-	554.0	-	98.33	91.21
		% grano menudo (<1.4 mm)	1.74	3.77	2.75	2.7965674	98.33		
	Selección optica	Peso de descarte optico			-	197.7	-	84.10	
		%descarte optico	0.59	1.13	0.86	0.9979808	84.10		
Envasado	Peso final de producto				-	16003.0	-	96.09	95.68
	Rendimiento lote		73.87	93.62	84.99	80.782433	95.05		
	%Humedad		8.20	12.50	11.37	11.7	97.14		