

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

**DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE BARRAS ENERGÉTICAS
CON BASE A QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*), AMARANTO
(*Amaranthus caudatus*) Y UVILLA (*Physalis peruviana L.*)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

**MIGUEL ÁNGEL CHICAIZA VACA
miguelchicaiza87@gmail.com**

**DIRECTOR: ING. PEDRO GUSTAVO MALDONADO ALVARADO Ph.D.
pedro.maldonado@epn.edu.ec**

Quito, julio 2018

© Escuela Politécnica Nacional (2018)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Miguel Ángel Chicaiza Vaca, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

MIGUEL ÁNGEL CHICAIZA VACA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Miguel Ángel Chicaiza Vaca, bajo mi supervisión.

Ing. Pedro Maldonado Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
1. Justificación	2
1.1. Análisis de mercado	4
1.1.1. Oferta	5
1.1.2. Demanda	5
1.2. Capacidad de producción	6
1.3. Localización de la planta	7
1.3.1. Macro localización	9
1.3.2. Micro localización	12
2. Descripción del proceso	13
2.1. Definición del producto	13
2.1.1. Propiedades físico-químicas	13
2.1.1.1. Composición	13
2.1.1.2. Características organolépticas	14
2.1.1.3. Presentación comercial	14
2.1.1.4. Perfil nutricional	15
2.1.2. Propiedades microbiológicas	15
2.1.2.1. Requisitos microbiológicos	15
2.1.2.2. Vida útil	16
2.2. Caracterización de las materias primas	16
2.2.1. Quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>)	17
2.2.2. Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>)	19
2.2.3. Uvilla (<i>Physalis peruviana l.</i>)	20
2.2.4. Jarabe de panela	22
2.2.5. Glucosa de maíz	23

2.3. Investigación de las opciones tecnológicas	24
2.4. Descripción del proceso	26
3. Criterios de diseño	28
3.1. Inspección y recepción de materias primas	28
3.2. Clasificación y limpieza	34
3.3. Tostado	36
3.4. Escarificado	37
3.5. Acondicionado	37
3.6. Expandido	37
3.7. Deshidratado	39
3.8. Mezclado	39
3.9. Moldeado	40
3.10. Horneado	40
3.11. Enfriado	40
3.12. Envasado	41
4. Diseño de la planta	43
4.1. Diagramas de bloques (BFD) y diagrama de flujo (PFD)	43
4.2. Balance de masa	48
4.3. Planificación de la producción	49
4.4. Balance de energía	51
4.5. Disposición en planta y planos de elevación	52
4.6. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) y control	56
4.7. Dimensionamiento y especificaciones de los equipos	59
4.7.1. Diseño del cuarto de almacenamiento	63
4.7.2. Diseño de los tanques de almacenamiento de edulcorantes	64

4.7.3. Diseño del tanque de acondicionamiento	65
4.7.4. Diseño de las bandejas de moldeado	66
4.7.5. Diseño de bastidores	68
4.7.6. Diseño de tanque de almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP)	69
5. Estudio de prefactibilidad económica	70
5.1. Inversiones	70
5.2. Capital de operación	71
5.3. Costos de producción	72
5.4. Precio de venta	73
5.5. Flujo de caja	73
5.6. Indicadores financieros	76
5.6.1. Punto de equilibrio (PE)	76
5.6.2. Tasa interna de retorno (TIR)	79
5.6.3. Valor actual neto (VAN)	79
6. Conclusiones y recomendaciones	80
6.1. Conclusiones	80
6.2. Recomendaciones	81
Anexos	96

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1.1. Empresas con participación en el mercado de productos elaborados con base a quinua y amaranto	5
Tabla 1.2. Matriz de evaluación de alternativas de macrolocalización	10
Tabla 2.1. Requisitos microbiológicos para turrone (en este caso, productos de características similares a las barras energéticas)	16
Tabla 2.2. Características físico-químicas de la variedad de quinua INIAP Tunkahuan	17
Tabla 2.3. Características físico-químicas de la variedad de amaranto INIAP Alegría en base seca	19
Tabla 2.4. Características físico-químicas de la uvilla ecotipo Golden Keniano o Colombiano	21
Tabla 2.5. Características físico-químicas del jarabe de panela	22
Tabla 3.1. Características físicas y de calidad de los granos de quinua	28
Tabla 3.2. Características físicas y de calidad de los granos de amaranto	29
Tabla 3.3. Plan de muestreo para lotes aislados de quinua y amaranto	29
Tabla 3.4. Requisitos bromatológicos para lotes aislados de quinua	29
Tabla 3.5. Requisitos bromatológicos para lotes aislados de amaranto	30
Tabla 3.6. Requisitos microbiológicos para lotes aislados de quinua y amaranto	30
Tabla 3.7. Características de calidad de las uvillas grado I	30
Tabla 3.8. Plan de muestreo para lotes aislados de uvilla con capuchón	31
Tabla 3.9. Requisitos físicos para lotes aislados de uvilla con capuchón	31
Tabla 3.10. Plan de muestreo para lotes aislados de jarabe de panela y glucosa	32
Tabla 3.11. Requisitos bromatológicos para lotes aislados de jarabe de panela	33
Tabla 3.12. Requisitos bromatológicos para lotes aislados de glucosa de maíz líquida	34
Tabla 3.13. Clasificación de quinua considerando el tamaño del grano	35

Tabla 3.14. Clasificación de amaranto considerando el tamaño del grano	35
Tabla 3.15. Clasificación de la uvilla de acuerdo a su diámetro en mm de la zona ecuatorial	36
Tabla 4.1. Simbología de los equipos empleados en el PFD de barras energéticas	45
Tabla 4.2. Flujo másico de los componentes necesarios para la producción de barras energéticas	48
Tabla 4.3. Resumen del balance de energía del proceso productivo de barras energéticas	51
Tabla 4.4. Balance energético en la planta de producción de barras energéticas	52
Tabla 4.5. Especificaciones de las áreas distribuidas en la planta productora de barras energéticas	53
Tabla 4.6. Codificación del diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) y control	56
Tabla 4.7. Características de los equipos requeridos para la producción de barras energéticas	60
Tabla 4.8. Masa de materia prima requerida en el proceso productivo de barras energéticas	63
Tabla 4.9. Características de los tanques de almacenamiento de edulcorantes	64
Tabla 4.10. Especificaciones técnicas para tanques de almacenamiento de GLP grupo A-0	69
Tabla 5.1. Inversión total	70
Tabla 5.2. Inversión fija	71
Tabla 5.3. Capital de operación	71
Tabla 5.4. Estructura del costo de producción	72
Tabla 5.5. Estructura del costo unitario	72
Tabla 5.6. Precios de barras energéticas ofertadas en el mercado local	73
Tabla 5.7. Flujo de caja proyectado a 10 años de operación	75
Tabla 5.8. Índice de inflación promedio	76
Tabla 5.9. Matriz de costos totales versus ingresos	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.1. Alimentos de la canasta orgánica a nivel nacional	6
Figura 1.2. Factores que influyen sobre la localización de una planta industrial	8
Figura 1.3. Ubicación satelital (0°21'31.7"N 78°08'14.3"W) de la microlocalización seleccionada	12
Figura 2.1. Distribución geográfica de la producción de quinua en Ecuador para el año 2014	18
Figura 2.2. Granos de amaranto variedad INIAP Alegría	19
Figura 2.3. Muestra de miel de caña procedente de la industria panelera	22
Figura 3.1. Carta colorimétrica de los estados de madurez de la uvilla	32
Figura 3.2. Abanico colorimétrico para la miel hidrolizada de panela	33
Figura 3.3. Proceso de expansión de granos y cereales	38
Figura 3.4. Operaciones unitarias que comprenden el proceso productivo de barras energéticas con base a quinua, amaranto y uvilla, endulzadas con miel de panela y jarabe de glucosa	42
Figura 4.1. BFD del proceso productivo de 2 000 unidades de barras energéticas por día	44
Figura 4.2. PFD del proceso productivo de 2 000 unidades de barras energéticas por día	47
Figura 4.3. Diagrama de Gantt para la producción de 2 000 barras energéticas diarias	50
Figura 4.4. Layout de la planta productora de barras energéticas	54
Figura 4.5. Vista del corte longitudinal de la planta productora de barras energéticas	55
Figura 4.6. Vista del corte transversal de la planta productora de barras energéticas	55
Figura 4.7. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) y control	58
Figura 4.8. Vista isométrica de los tanques de almacenamiento de edulcorantes líquidos	65
Figura 4.9. Vista isométrica del tanque acondicionador de quinua	66
Figura 4.10. Vista isométrica de las bandejas para moldeado y horneado	67

Figura 4.11. Vista isométrica del bastidor para bandejas 68

Figura 5.1. Determinación gráfica del punto de equilibrio (PE) 78

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Opciones tecnológicas para la elaboración de barras energéticas	96
ANEXO II	
Balance de masa	99
ANEXO III	
Balance de energía	110
ANEXO IV	
Ingeniería de detalle	123
ANEXO V	
Fichas técnicas de los equipos	129
ANEXO VI	
Tablas complementarias al análisis económico	142
ANEXO VII	
Proformas	148

RESUMEN

El presente proyecto surge de la necesidad de impulsar la producción de una barra energética, tipo snack, que contenga 50 % de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) expandida, 14 % de amaranto (*Amaranthus caudatus*) reventado, 9 % de uvilla (*Physalis peruviana L.*) deshidratada y endulzada con 16 % de glucosa de maíz líquida y 11 % de miel de panela. El proceso productivo comprende operaciones unitarias como inspección, recepción, clasificación y limpieza de materia prima; escarificado, acondicionado y expandido de quinua; tostado de amaranto, deshidratado de uvilla, mezclado de ingredientes sólidos con edulcorantes líquidos, moldeado, horneado, enfriado y envasado de producto terminado. Para la producción a escala industrial, se propone el diseño de una planta agroindustrial localizada en el cantón Ibarra de la Provincia de Imbabura que producirá, inicialmente, 40 000 unidades de barras energéticas mensuales, con el fin de cubrir parte de la demanda que representa la población económicamente activa de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. Algunos de los equipos escogidos para llevar a cabo el proceso productivo son: secador vertical ALF 100 GA, túnel expensor TEESIN, horno INOX H-16, tostador de cereales 100-S, mezcladora horizontal MVH 50-I, entre otros; para la selección de los equipos se consideró los balances de masa y energía en las operaciones unitarias y las fichas técnicas que entregaron los fabricantes. Adicionalmente, se realizó el Layout o plano de la planta agroindustrial, se indicó las áreas y se distribuyó en ellas los equipos y maquinaria, se garantizó el flujo lógico de materiales y personas. De acuerdo con el análisis económico se establecieron el costo unitario y el precio de venta al público (PVP) por unidad de barra energética de 35 g en 0,52 y 0,65 USD, respectivamente; finalmente, se determinó el punto de equilibrio en 386 149 unidades, la tasa interna de retorno (TIR) de 23,13 % y el valor actual neto (VAN) en 76 289,54 USD.

1. JUSTIFICACIÓN

Las actuales necesidades de alimentación en el mundo entero están estrechamente relacionadas con el mejoramiento de las condiciones de vida y la modificación de los modelos de consumo. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) estima que hasta el 2050, la producción alimentaria tendrá que aumentar en un 70 % para satisfacer a la creciente demanda (Sumpsi, 2010, p. 1).

Se vuelve indiscutiblemente necesario extremar esfuerzos para aumentar la producción y sobre todo la productividad agrícola para fortalecer la seguridad alimentaria, que, según la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, debe entenderse, básicamente, como un derecho de todas las personas a tener una alimentación suficiente, cultural y nutricionalmente adecuada (Carrión y Herrera, 2012, p. 12).

Cabe recalcar, que el incremento de la producción y la productividad no puede ni debe realizarse a cualquier costo, hay que considerar como ejes fundamentales la sustentabilidad y la inclusión social, evitando así, comprometer el futuro de las próximas generaciones. Es preciso promover y llevar a cabo un nuevo salto tecnológico en la producción, donde la cooperación, la innovación y la transferencia de conocimiento y tecnología reciban especial importancia (Sumpsi, 2010, p. 9).

En los países de la Región Andina, la pérdida y/o subutilización de cultivos ancestrales, han contribuido al incremento en el consumo de alimentos con insuficiente calidad nutricional, deficientes en micronutrientes o con elevado contenido de carbohidratos y grasas (Andrade y Flores, 2008, p. 13; Bellisle, 2005, p. 2).

Ecuador destaca en la región por su aporte investigativo para el rescate, promoción y uso de cultivos andinos; sin embargo, el potencial agroindustrial de estas materias primas es aún poco conocido; por lo tanto, productos elaborados con base a quinua,

amaranto y/o uvilla son escasamente comercializados a escala local (Egas, Villacrés, Salazar, Peralta y Ruilova, 2010, p. 10; Herrera y Montenegro, 2012, p. 63).

El desarrollo de un proceso productivo a escala industrial, que involucre operaciones unitarias inusuales (expansión) para la elaboración de barras energéticas con alto valor agregado, nutritivas y orgánicas, puede ser un aporte para estimular la producción y el consumo de cultivos milenarios en los países andinos. Las barras energéticas que se comercializan en Ecuador, incluyen en su formulación materias primas importadas o tienen porcentajes muy bajos de materias primas locales y algunas incluyen aditivos artificiales.

La quinua y el amaranto, también llamados “granos de oro”, están considerados como los mejores alimentos de origen vegetal para los seres humanos, de acuerdo con investigaciones desarrolladas por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (Rojas, Soto, Pinto, Jäger y Padulosi, 2010, p. 7).

La quinua está incluida en las iniciativas por el cambio de la matriz productiva impulsadas por el Gobierno Nacional (Peralta y Mazón, 2014, pp. 462–474). En Ecuador se siembran alrededor de 2 000 ha de quinua anuales, con una producción total de 1 400 t (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2016).

El amaranto contiene mayor cantidad de proteínas y de mejor calidad que las contenidas en los cereales (Peralta, 2012, p. 3); adicionalmente, es de interés en mercados internacionales por su sabor (una vez tostado o reventado), procedencia orgánica, valor nutritivo y nutracéutico (Peralta, Villacrés, Mazón, Rivera y Subía, 2008, p. 10).

En 2011, Ecuador exportó cerca de 1 t de amaranto, principalmente a Estados Unidos y Alemania (MAGAP, 2012, p. 5).

La uvilla, considerada superfruto por su alto contenido de vitaminas, minerales y fibra, es de gran atractivo industrial ya que posee destacables características gastronómicas, organolépticas, nutricionales y medicinales; adicionalmente, tiene gran potencial para el desarrollo de nuevos productos con alto valor añadido (Balaguera, Ramírez y Herrera, 2014, p. 113; García, Peña y Brito, 2014, p. 81).

Se estima que en Ecuador se cultivan alrededor de 350 ha de uvilla y su rendimiento varía entre 6 a 20 t/ha (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2013, p. 19).

En este marco, el presente trabajo plantea el diseño de una planta agroindustrial para la producción de barras energéticas con base a quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) expandida, amaranto (*Amaranthus caudatus*) reventado y uvilla (*Physalis peruviana*) deshidratada; materias primas de gran importancia económica, social, ecológica, nutricional y medicinal, que poseen un alto valor nutritivo (proteínas, vitaminas, minerales, aminoácidos y antioxidantes) y tienen gran potencial de comercialización en el mercado nacional e internacional (Fischer, Almanza y Miranda, 2014, p. 2; Jacobsen, Mujica y Ortiz, 2003, p. 17; Rojas, et al., 2010, p. 6).

1.1. ANÁLISIS DE MERCADO

Para el análisis del mercado, se considerará a la barra energética como un alimento orgánico; debido a que, en su formulación no interviene ningún preservante artificial.

1.1.1. OFERTA

Empresas locales se han planteado como objetivo abastecer al mercado local e internacional con productos elaborados con base a quinua, básicamente, que incluyen sopas, fideos, chocolates y barras energéticas (Ortega, 2013).

A pesar de ser productos nuevos, las barras energéticas y alimentos elaborados con base a quinua y amaranto, han logrado captar la atención de varios sectores de la población ecuatoriana. En la Tabla 1.1, se puede apreciar algunas de las empresas locales que tienen participación en el mercado.

Tabla 1.1. Empresas con participación en el mercado de productos elaborados con base a quinua y amaranto

Empresa	Descripción actividad	Ubicación	Fuente
MIKUNA	Barras energéticas con amaranto	Pichincha	(Camari, 2017)
GRAMOLINO	Hojuelas amaranto	Pichincha	(Peralta, 2012, p. 34)
RANDIMPAK	Barra de cereales de quinua y amaranto	Chimborazo	(Ecuador Inmediato, 2007)
KAWSAY	Cereal expandido de quinua y amaranto	Pichincha	(Kawsay, 2017)
ALLI MIKUY WASI	Granola natural con quinua y amaranto	Cañar	(Peralta, 2012, p. 33)

En la Tabla 1.1, se puede apreciar que la actividad comercial para productos con base a quinua y amaranto se desarrolla mayormente en la provincia de Pichincha.

1.1.2. DEMANDA

A escala local no se registra información verificable sobre la demanda específica de barras energéticas, ya que es un producto relativamente nuevo en el mercado ecuatoriano. La barra energética será elaborada, en su mayoría, con ingredientes orgánicos; por lo tanto, para el análisis de la demanda local, se la considerará como un producto orgánico.

En Ecuador, el 5,2 % de la población compra productos orgánicos y el mayor porcentaje de consumidores se ubican en las provincias de la Sierra (Andrade y Flores, 2008, p. 37). En la Figura 1.1, se detalla la preferencia de los consumidores de productos orgánicos por categoría de alimento; se asume que, las barras energéticas pueden ubicarse dentro del rubro Cereales.

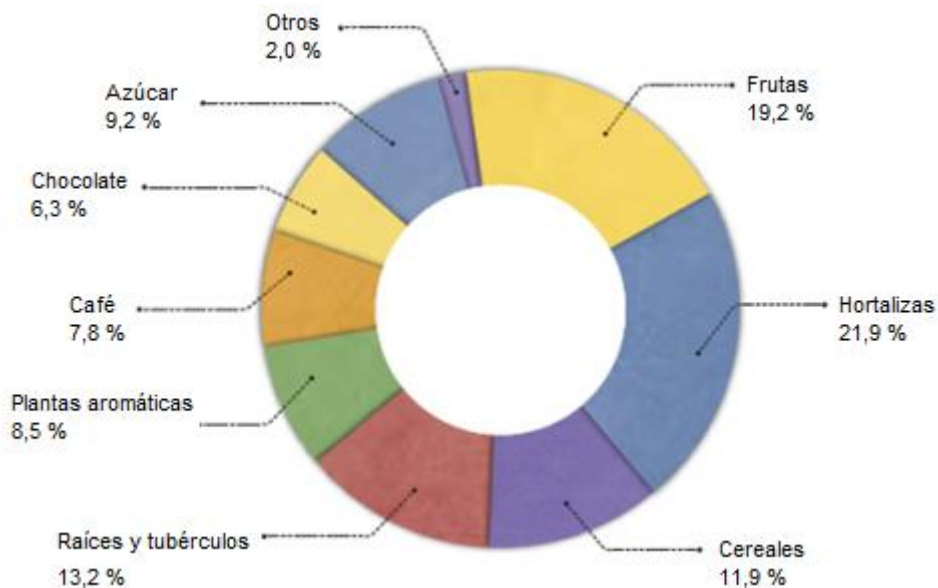


Figura 1.1. Alimentos de la canasta orgánica a nivel nacional
(Andrade y Flores, 2008, p. 43)

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2017), Ecuador tiene un total de 16 515 948 habitantes; si se considera los datos anteriores, para las barras energéticas existe un potencial mercado de 102 201 consumidores.

1.2. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

Micro y pequeñas empresas locales que emprenden su actividad comercial en el negocio de las barras energéticas, inician con un volumen de producción que oscila entre 29 000 a 40 000 unidades por mes (Agronegocios, 2011).

En el presente proyecto, se plantea comenzar con una producción de 40 000 barras energéticas (35 g/unidad) mensuales; adicionalmente, se establecerá un crecimiento anual del 10 % en producción y ventas; considerando la capacidad instalada, la vida útil de la planta, 10 años; y que, según Morales y Sánchez (2015), el 58,6 % de los ecuatorianos están dispuestos a consumir alimentos orgánicos en el corto plazo.

El volumen de producción establecido (40 000 unidades por mes), permitirá cubrir parte de la demanda que representa la población económicamente activa (PEA), en particular de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha.

1.3. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Es un proceso estratégico, en el cual se elige la ubicación geográfica más adecuada para realizar las operaciones de una industria, se debe considerar aspectos como: disponibilidad de mano de obra y materias primas, acceso al mercado de consumidores, legislación, entre otros (Casp, 2005, p. 43; Saravacos y Kostaropoulos, 2002, p. 29).

En la Figura 1.2, se puede observar algunos de los factores que intervienen en la localización de la planta agroindustrial.

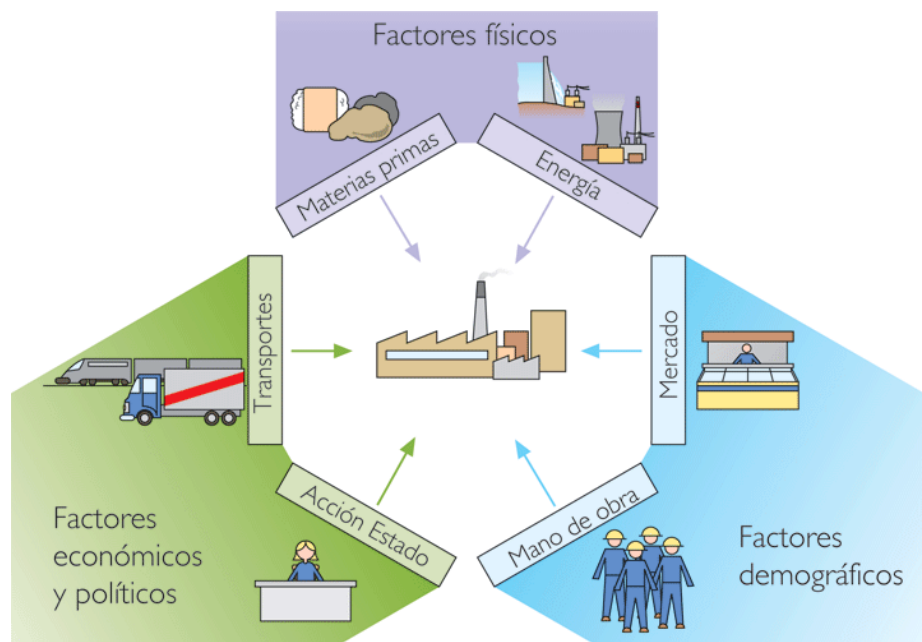


Figura 1.2. Factores que influyen sobre la localización de una planta industrial
(Cortabarría, 2013)

Para seleccionar la mejor alternativa de localización de la planta agroindustrial, es recomendable aplicar el método de ponderación de factores o cuantitativo (Páez, 2013, p. 19).

En este proyecto, los criterios que se plantean para determinar la ubicación de la planta son:

- Parámetros técnicos: disponibilidad de materia prima, mano de obra y terreno, aprovisionamiento energético, acceso a comunicaciones.
- Criterios económicos: cercanía al mercado, presencia de competidores, costos de mano de obra, superficie de terreno, materia prima, transporte y servicios básicos.
- Aspectos legales: normativa medioambiental, impuestos e incentivos tributarios.

1.3.1. MACRO LOCALIZACIÓN

Se plantearon tres opciones de macro localización: Quito (Pichincha), Ibarra (Imbabura) y Tulcán (Carchi); ya que, la planta de producción propuesta pretende, inicialmente, abastecer parte de la demanda que representa la PEA de esta zona del Ecuador.

En la Tabla 1.2, se detalla la evaluación de las alternativas de macrolocalización, a través de una matriz de decisión.

Tabla 1.2. Matriz de evaluación de alternativas de macrolocalización

Factor	Ponderación	QUITO		IBARRA		TULCÁN		Observaciones
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada	
Parámetros técnicos:		381		398		322		
Disponibilidad de materia prima	15	9	135	10	150	8	120	Imbabura tiene la mayor producción nacional en uvilla, se ubica después de Carchi en el cultivo de quinua y presenta crecimiento constante en la producción de amaranto. En Pichincha, se registra producción de quinua, amaranto y uvilla, pero en cantidades menores si se compara con Imbabura. Carchi, no presenta producción de amaranto (Pinto, 2016; Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2015, p. 5).
Disponibilidad de mano de obra	8	9	72	10	80	8	64	Según el Banco Central del Ecuador (2016), Pichincha tiene un 70,2 % de PEA, mientras que, Imbabura y Carchi tiene un 73 % y 66,3 %, respectivamente.
Aprovisionamiento energético (electricidad, agua, gas)	6	10	60	10	60	5	30	La ciudad de Tulcán se ha caracterizado por problemas en el abastecimiento y distribución de gas; en Quito e Ibarra, se considera que el aprovisionamiento energético es similar.
Acceso a comunicaciones (telefonía, internet, transporte)	6	10	60	9	54	9	54	Las tres ciudades son capitales de provincias y tienen acceso a servicio de calidad; Quito, por ser capital del país, tiene una mayor cobertura y oferta de este tipo de servicios.
Disponibilidad y condiciones del terreno	6	9	54	9	54	9	54	Las tres ciudades tienen parques industriales con servicios adecuados para la construcción de la planta.
Criterios económicos:		328		423		372		
Cercanía a mercado	10	9	90	8	80	8	80	Quito cuenta con más de 2 millones de habitantes, mientras que Ibarra tiene alrededor de 200 mil y Tulcán 80 mil (INEC, 2010). Por lo tanto, se considera a la capital del país como la ciudad más cercana al potencial mercado.
Presencia de competidores	5	5	25	9	45	9	45	La mayoría de la competencia se encuentra ubicada en Pichincha, tal como se indica en la Tabla 1.1.

Tabla 1.2. Matriz de evaluación de alternativas de macrolocalización (continuación...)

Factor	Ponderación	QUITO		IBARRA		TULCÁN		Observaciones
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada	
Costo mano de obra	4	7	28	7	28	8	32	El costo de mano de obra se considera similar entre Quito e Ibarra; no obstante, en Tulcán el costo puede ser menor debido a la presencia de trabajadores colombianos.
Costo materia prima y transporte	15	7	105	9	135	8	120	Ibarra, por su ubicación geográfica, se convierte en el lugar más cercano tanto a la materia prima como al mercado.
Costo de m^2 de terreno	10	5	50	10	100	6	60	Según información obtenida en sitios web de compra y venta de inmuebles, el costo del m^2 en el parque industrial de Quito ronda los 135 USD; mientras que, en Ibarra tiene un costo de 59 USD y en Tulcán es cercano a 105 USD (Mitulacasas, 2017; OLX, 2017; Mercadolibre, 2017).
Costos de servicios básicos	5	6	30	7	35	7	35	Según la ARCONEL (2016), la tarifa en Quito para una empresa con un consumo mediano y tensión media es de 0,095 USD/kW, en estas mismas condiciones el costo es de 0,093 USD/kW para Ibarra y Tulcán (p. 23 y 28).
Aspectos legales:		48		48		60		
Normas medioambientales	4	6	24	6	24	6	24	Las normativas ambientales son las mismas a nivel nacional
Impuestos e incentivos tributarios	6	4	24	4	24	6	36	El gobierno ha implementado varios incentivos tributarios para reactivar la economía en la provincia de Carchi (Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad, 2016).
TOTAL	100	757		869		754		

Finalizado el análisis cuantitativo, se determinó que la planta agroindustrial debe estar ubicada en el cantón Ibarra, esta localidad de la provincia de Imbabura obtuvo 869 puntos sobre 1 000.

1.3.2. MICRO LOCALIZACIÓN

La planta agroindustrial operará en el parque industrial de la ciudad de Ibarra, ubicado en las calles Fray Vacas Galindo y Federico Larrea (vía antigua a Urcuquí). En la Figura 1.3, se puede observar una imagen aérea del sitio propuesto.



Figura 1.3. Ubicación satelital ($0^{\circ}21'31.7''N$ $78^{\circ}08'14.3''W$) de la microlocalización seleccionada

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En esta fase del proyecto se definirán las características del producto final, basadas en las particularidades de cada una de las materias primas; se elegirá la tecnología de transformación y se definirá el proceso productivo; considerando varias opciones tecnológicas presentadas en trabajos investigativos y experimentales.

2.1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Las barras energéticas están consideradas como alimentos funcionales, combinados, enriquecidos o fortificados; formuladas comúnmente con cereales, frutos secos, aceites vegetales, semillas, frutas deshidratadas y mezcla de edulcorantes naturales usados como agentes aglutinantes, que le brindan características nutricionales significativas, sabor y apariencia agradables; además, son de fácil manejo y listas para el consumo (Iñarritu y Vega, 2001, p. 8; Zenteno, 2014, p. 59).

2.1.1. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Las barras energéticas son un alimento orgánico, tipo snack, y elaborado a base de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) expandida, amaranto (*Amaranthus caudatus*) reventado y uvilla (*Physalis peruviana L.*) deshidratada, endulzado con miel de panela y jarabe de glucosa de maíz líquida.

2.1.1.1. Composición

Para establecer el porcentaje de cada una de las materias primas en el producto final, se ha tomado como punto de partida el trabajo experimental de Villacrés (2013), en el que se desarrolla una formulación de barra de cereales, sus materias primas son: mezcla extruida de arroz y maíz (5,4 %), quinua expandida (42,4 %), chocho tostado

(16 %), plátano deshidratado (3 %), zapallo osmóticamente deshidratado (4,5 %), coco deshidratado (1,5 %), amaranto reventado (3 %) y como edulcorante-aglutinante una mezcla de miel de panela y glucosa (24,2 %) (p. 10). Debido a la cantidad y variedad de ingredientes presentes en el producto formulado por Villacrés (2013) y de acuerdo al costo unitario de las materias primas; en el presente proyecto se propone la siguiente formulación para la barra energética:

- Quinoa expandida (inflada): 50 %
- Amaranto reventado (pop): 14 %
- Uvilla deshidratada: 9 %
- Mezcla edulcorante-aglutinante:
 - Jarabe de panela: 11 %
 - Glucosa de maíz: 16 %

2.1.1.2. Características organolépticas

Las barras energéticas no presentarán rancidez, mal olor, deberán estar libres de materiales extraños, serán de textura crocante, color característico de un producto horneado y sabor agradable (NTE INEN 2217, 2012, p. 3).

2.1.1.3. Presentación comercial

La barra energética tendrá presentación unitaria de 35 g, será de forma rectangular (10 cm de largo, 3 cm de ancho y 2 cm de espesor, aproximadamente) y estará envasada en polipropileno bi-orientado metalizado.

2.1.1.4. Perfil nutricional

Las barras energéticas en presentación de 25 a 35 g aportan vitaminas B₁, B₂, B₆; proporcionan un valor energético entre 85 a 154 kcal, el porcentaje promedio de carbohidratos y grasas es 70 y 13 %, respectivamente; en tanto que, el contenido de proteína varía entre 3 a 7 % (Iñarritu y Vega, 2001, p. 10; Marroquín, 2012, p. 5; Mejía, 2003, p. 133; Olivera, Giacomino, Pellegrino y Sambucetti, 2009, p. 280).

2.1.2. PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS

Para producir alimentos sanos, organolépticamente agradables y nutricionalmente adecuados, se debe garantizar que la actividad microbiológica no ponga en riesgo la calidad del alimento, ni la salud del consumidor (Andino y Castillo; 2010, p. 7; Maroulis y Saravacos; 2003, p. 21).

2.1.2.1. Requisitos microbiológicos

En Ecuador, no existe un marco regulatorio que establezca exigencias microbiológicas para barras de cereales y/o energéticas; por lo tanto, se tomará como referencia la Norma NTE INEN 2217:2012, que establece los requisitos microbiológicos para turrone, productos de características similares a las barras energéticas.

En la Tabla 2.1, se detallan los parámetros microbiológicos que deberán cumplir las muestras de barras energéticas.

Tabla 2.1. Requisitos microbiológicos para turrone (en este caso, productos de características similares a las barras energéticas)

Requisito	Número de unidades de muestra	Nivel de aceptación	Número de unidades defectuosas que se aceptan	Método de ensayo
Coliformes fecales (<i>NMP/g</i>)	5	$< 3,0 \times 10^0$	0	NTE INEN 1529-17
Mohos y levaduras (<i>UFC/g</i>)	5	$1,0 \times 10^3$	0	NTE INEN 1529-10
<i>Staphylococcus aureus</i> (<i>UFC/g</i>)	5	$< 1,0 \times 10^1$	0	NTE INEN 1529-14

(NTE INEN 2217, 2012, p. 5)

2.1.2.2. Vida útil

Es importante considerar posibles cambios en el aroma, sabor o textura de las barras energéticas; anomalías que pueden ocurrir durante el periodo de almacenamiento bajo condiciones ambientales (Olivera et al., 2012, p. 22; Villacrés, 2013, p. 18).

Las barras energéticas que no contienen preservantes, tienen una vida útil entre 60 a 180 días, cuando son almacenadas a temperaturas que oscilan entre 20 a 35 °C (De la Paz y Coello, 2012, p. 4; Escobar, Estévez y Guinez, 2000, p. 153; Fernández y Fariño, 2011, p. 124; Villacrés, 2013, p. 27).

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

Establecer el estado inicial de los ingredientes que serán parte de la barra energética, permite ajustar las condiciones de operación y determinar el tipo de unidad de producción a utilizar en el proceso de transformación (Páez, 2013, p. 15).

En este subcapítulo, se hará mención a cuatro elementos de las materias primas que tienen influencia directa en el diseño de la planta: propiedades físicas y químicas, condiciones de almacenamiento, pretratamientos requeridos y disponibilidad en el mercado (Casp, 2005, p. 50).

2.2.1. QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*)

Para obtener la quinua expandida, se empleará la variedad desarrollada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) conocida como Tunkahuan (dulce). En la Tabla 2.2, se detallan las características físico-químicas de esta variedad.

Tabla 2.2. Características físico-químicas de la variedad de quinua INIAP Tunkahuan

Característica	Resultado
Color	Blanco
Diámetro promedio (mm)	1,7 a 2,0 (Grande)
Contenido de saponina (%)	0,06 (Bajo)
Humedad (%)	13,7
Proteína (%)	13,9
Grasa (%)	4,95
Carbohidratos (%)	66,73
Cenizas (%)	3,70
Fibra (%)	8,61

(Peralta, 2009, p. 15; NTE INEN 1673, 2013, p. 2)

Los granos de quinua, limpios y con una humedad inferior al 13 %, serán almacenados en recipientes cerrados (costales), dispuestos en bodegas higienizadas, secas, protegidas del ataque de roedores e insectos y con circulación de aire; o en silos metálicos de uso exclusivo para el almacenamiento de granos (Peralta, 2009, p. 13; Quiroga et al., 2014, p. 272).

Según Peralta (2009, p. 13) y Rojas et al. (2010, p. 121) para la industrialización de la quinua es necesario un proceso de pretratamiento que consta de dos fases:

- Limpieza y clasificación: Procedimiento mecánico que permite retirar piedras, hojas, polvo y todo material extraño proveniente del campo; adicionalmente, se seleccionan los granos de quinua aptos para su procesamiento.
- Eliminación de la saponina o escarificado: Es un método abrasivo vía seca, en el cual se obtienen granos pulidos o perlados de quinua.

La quinua puede ser cultivada en las 10 provincias de la Sierra ecuatoriana, como se puede apreciar en la Figura 2.1. Históricamente Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Chimborazo se han destacado en la producción de este pseudocereal para abastecer a parte de la demanda local e internacional (Peralta y Mazón, 2014, p. 467; Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2015, p. 5).

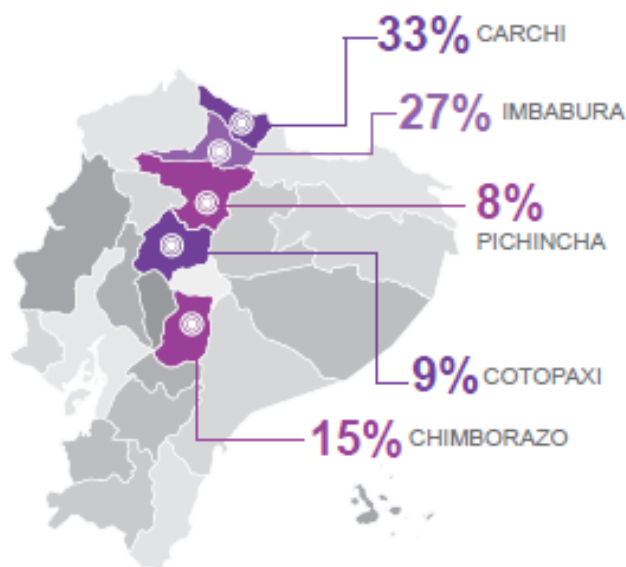


Figura 2.1. Distribución geográfica de la producción de quinua en Ecuador para el año 2014
(Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2015, p. 5)

2.2.2. AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)

El amaranto tiene cantidades importantes de almidón y otras características similares a las de los cereales; sin embargo, por ser una dicotiledónea, es considerado como un pseudocereal (Becerra, 2000, p. 3). En la Figura 2.2, se puede observar los granos de amaranto de la variedad Alegría, desarrollada por el INIAP y que serán utilizados para producir amaranto reventado. En la Tabla 2.3, se detallan algunas de las características físico-químicas de esta variedad.



Figura 2.2. Granos de amaranto variedad INIAP Alegría
(Peralta, 2012, p. 23)

Tabla 2.3. Características físico-químicas de la variedad de amaranto INIAP Alegría en base seca

Característica	Resultado
Color	Blanco / Crema
Tamaño (mm)	0,7 a 1,4
Forma	Redondo
Proteína (%)	15,5
Grasa (%)	8,78
Carbohidratos (%)	68,41
Cenizas (%)	3,06
Fibra (%)	4,7

(Peralta, 2012, p. 23)

Los granos secos de amaranto, con humedad inferior a 13 %, deberán ser almacenados en sacos, en bodegas limpias, con circulación de aire, protegidas del ataque de insectos y roedores, o en silos metálicos de uso exclusivo para el almacenamiento de granos (Rojas et al., 2010, p. 116).

Al igual que los granos de quinua, el amaranto debe pasar por una fase de limpieza y clasificación, con el fin de retirar piedras, hojas, polvo y todo material extraño; seleccionando así únicamente los granos aptos (Peralta, 2012, p. 15).

El cultivo de amaranto se desarrolla principalmente en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Azuay y Loja (Pinto, 2016). A escala nacional, se estima que el área cultivada de amaranto es de 50 ha y la producción alcanza las 20 t (Horton, 2014, p. 25).

2.2.3. UVILLA (*Physalis peruviana* L.)

Para la obtención de uvilla deshidratada se empleará el ecotipo Golden Keniano o Colombiano, ampliamente distribuida en Ecuador. En la Tabla 2.4, se detallan algunas de las características físico-químicas de esta variedad.

Tabla 2.4. Características físico-químicas de la uvilla ecotipo Golden Keniano o Colombiano

Característica	Resultado
Color	Amarillo / anaranjado
Tamaño (cm)	1,25 a 2,50
Forma	Ovoide
Peso (g)	4 a 10
Humedad (%)	87 ± 0,08
Sólidos solubles (°Brix)	13 ± 0,2
pH	3,7 ± 0,3
Cenizas (%)	1,0

(Uzca, 2008, p. 11; Sánchez, Puentes y Botía, 2014, p. 125)

Las uvillas con capuchón en estado de madurez 3 ó 4 (según carta colorimétrica), serán almacenadas en bodegas limpias, ventiladas, aisladas de fuentes de contaminación, a temperatura ambiente (18 – 20 °C) y en gavetas plásticas apiladas sobre pallets (García et al., 2014, p. 97). Durante el almacenamiento será muy importante tomar en cuenta que la uvilla está considerada como un fruto climatérico (Balaguera et al., 2014, p. 116).

Las uvillas deben someterse a un pretratamiento, que consiste en una clasificación por tamaño y por grado de madurez; finalizada esta etapa, se puede dar inicio a los procesos de transformación (Fischer et al., 2014, p. 8).

La uvilla, al igual que la quinua y el amaranto se cultiva en la región Sierra del Ecuador, particularmente en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Azuay (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2014, p 4). Se estima que anualmente se cosecha alrededor de 4 080 t de uvilla, de esta producción el 40 % se concentra en Imbabura, el 27 % en Pichincha, el 10 % en Carchi y el 23 % en el resto de provincias de la Sierra (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones, 2013, p. 19).

2.2.4. JARABE DE PANELA

También conocido como melaza, jarabe o miel hidrolizada de caña, es un líquido viscoso, de color café claro y sabor agridulce, que se produce principalmente en la agroindustria panelera; adicionalmente, se la puede obtener como subproducto de la fabricación o refinación de azúcar (Chen, 1991, p. 465; Quezada, 2007a, p. 40). En la Figura 2.3, se puede observar una muestra de miel hidrolizada y algunas de sus características físico-químicas se detallan en la Tabla 2.5.



Figura 2.3. Muestra de miel de caña procedente de la industria panelera (Quezada, 2007a, p. 40)

Tabla 2.5. Características físico-químicas del jarabe de panela

Característica	Resultado
Densidad relativa	1,5
Sólidos solubles (°Brix)	70 a 85
Humedad (%)	21,5
Sacarosa (%)	27,0
Azúcares reductores (%)	50,0
Cenizas (%)	2,25

(Chen, 1991, p. 498)

El jarabe de panela será almacenado en un tanque, sus características de diseño se pueden observar en el apartado 4.7.2 “Diseño de los tanques de almacenamiento de edulcorantes” Para permitir una adecuada ventilación del jarabe y evitar la acumulación de gases producidos por una posible descomposición, sólo se podrán utilizar los dos tercios de la capacidad total del contenedor (Chen, 1991, p. 480).

En Ecuador, alrededor de 50 000 ha de caña de azúcar se cosechan para la producción de panela, alcohol artesanal y aproximadamente un 10 % de esta área se destina para obtener miel (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador, 2013, p. 1; Revista Líderes, 2012). Las provincias en las que se produce miel de caña son: Guayas, Cañar, Los Ríos, Loja e Imbabura (Gilces y Veloz, 2006, p. 22).

2.2.5. GLUCOSA DE MAÍZ

Es un edulcorante calórico que se obtiene de la hidrólisis controlada del almidón, su consistencia es similar a la miel, es utilizado en la industria de alimentos con el fin de potenciar el sabor y endulzar; proporciona un grado del dulzor entre el 40 a 70 % al producto en el que sea aplicado (Organización Internacional del Azúcar, 2012). En la Tabla 2.6 se muestran algunas características físico-químicas de la glucosa de maíz líquida.

Tabla 2.6. Características físico-químicas de la glucosa de maíz líquida

Característica	Resultado
Color	Incoloro / transparente
Olor	Neutral / Ligeramente dulce
Humedad (%)	16 a 19
Extracto seco (%)	> 70
Azúcares reductores (%)	> 20 (Referido a extracto seco)
Cenizas (%)	< 1 (Referido a extracto seco)

(Sánchez, 2003, p. 149)

El jarabe de glucosa de maíz será almacenado en un tanque, sus características de diseño se pueden observar en el apartado 4.7.2 “Diseño de los tanques de almacenamiento de edulcorantes”

En Ecuador, no se registra producción de glucosa; anualmente se importa alrededor de 10 000 t de jarabe de glucosa de Colombia, Perú y Estados Unidos, principalmente (Banco Central del Ecuador, 2014). A pesar de no ser una materia prima local, se consideró al jarabe de glucosa como ingrediente de la barra energética por su capacidad aglutinante y bajo costo.

2.3. INVESTIGACIÓN DE LAS OPCIONES TECNOLÓGICAS

Las alternativas tecnológicas deben ser evaluadas con base a criterios técnicos, económicos e higiénicos; una vez realizado el análisis se definirá la opción más viable (Casp, 2005, p. 52).

En Ecuador, se han realizado una serie de investigaciones y propuestas experimentales para estimular el uso y consumo de materias primas locales subutilizadas con gran potencial nutricional y agroindustrial. Por ejemplo, Chávez y

Miranda (2008), realizan una formulación de barra energética para el consumo de niños y mujeres embarazadas, consideran como materias primas: avena, salvado de trigo, quinua, amaranto, pasas, maní, miel, panela, clara de huevo, mantequilla y gelatina (p. 37). El proceso tecnológico considera un pretratamiento a la quinua y amaranto; en el caso de la quinua se realiza lavado, centrifugado y secado; en tanto que, el amaranto es horneado. A continuación, se realiza la cocción de los ingredientes líquidos; luego se lleva a cabo el horneado de los ingredientes sólidos; finalizados estos procesos, todos los ingredientes son mezclados, una vez que se consigue homogenizar la mezcla, se realiza el prensado, pesado, envasado y almacenado del producto final.

Ramos (2011), presenta una formulación de barra energética para el consumo de deportistas de aventura, utilizando las siguientes materias primas: avena, quinua, amaranto, guineo, coco, uvilla, pasas, chocolate, miel de abeja, panela y mantequilla (p. 60). En cuanto al proceso tecnológico, este inicia con la recepción de la materia prima; luego se lleva a cabo el pesado de los ingredientes; a continuación se pica el guineo y la uvilla; se realiza un tostado de la avena y se mezclan todos los ingredientes para después ser cocinados; concluida la cocción, el producto final es moldeado, enfriado y empacado.

Villacrés (2013), desarrolla una formulación de barra de cereales para el programa de desayuno escolar, las materias primas utilizadas son: mezcla extruida de arroz y maíz (5,4 %), quinua expandida (42,4 %), chocho tostado (16 %), plátano deshidratado (3 %), zapallo osmóticamente deshidratado (4,5 %), coco deshidratado (1,5 %), amaranto (3 %) y como edulcorante mezcla de miel de panela y glucosa (24,2 %) (p. 10). El proceso tecnológico involucra la recepción y clasificación de todas las materias primas; a continuación la etapa de pretratamiento, para el caso de las frutas, lavado y deshidratado; en tanto que, el arroz y maíz, se mezclan, humectan y extruyen; la quinua se somete a escarificado, humectado y expandido; el chocho es desamargado, presecado y tostado; finalmente, el amaranto es reventado. Una vez que se tienen todas las materias primas acondicionadas, se procede con el mezclado,

endulzado, moldeado, horneado, enfriado, desmoldado y empacado de las barras de cereales.

En el Anexo I, se puede observar el flujograma de las tres opciones tecnológicas antes mencionadas.

Para plantear la producción a escala industrial de barras energéticas a base de quinua, amaranto y uvilla, endulzadas con miel de panela y jarabe de glucosa líquida, se eligió la opción tecnológica analizada en el trabajo de Villacrés (2013), debido a que, de la bibliografía consultada, es el trabajo investigativo y experimental que detalla con mayor grado de profundidad las operaciones unitarias; adicionalmente, en el proceso productivo se involucran técnicas de transformación novedosas y los equipos necesarios para el procesamiento son de fabricación nacional y/o están disponibles en el mercado local (p. 9).

2.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La tecnología necesaria para la transformación de materias primas en producto final debe estar completamente definida, y para ello, será importante establecer un conjunto secuencial y lógico de operaciones unitarias (Casp, 2005, p. 20; Páez, 2013, p. 13).

Las operaciones unitarias en el proceso productivo son las siguientes: inspección y recepción de materia prima, clasificación y limpieza, tostado, escarificado, acondicionado, expandido, deshidratado, mezclado, moldeado, horneado, enfriado y envasado.

La inspección y recepción de materia prima se lleva a cabo, de acuerdo con los parámetros organolépticos y de calidad establecidos, como: tamaño, grado de madurez, porcentaje de humedad, cantidad de impurezas, entre otros. Una vez que

se verifica la calidad de las materias primas, se procede con la etapa de pretratamiento individual de las materias primas. Dentro de la planta se establecen tres líneas principales de pretratamiento; la primera para la quinua, que inicia con la clasificación y limpieza, para eliminar polvo y materia extraña; a continuación el escarificado, en esta etapa se elimina mediante fricción la capa externa de los granos de quinua y con ella la saponina, y se obtiene quinua pulida; sigue la etapa de acondicionamiento, que consiste en humectar a la quinua para que finalmente pueda ser expandida o inflada. La segunda línea de pretratamiento es para el amaranto, inicia con la clasificación y limpieza, el amaranto apto pasará al proceso de tostado, donde se obtendrá un producto reventado de tipo “pop” o “canguil”. Finalmente, la tercera línea de pretratamiento es para la uvilla, de inicio se tiene la clasificación por tamaño y grado de madurez, de forma simultánea se realiza la limpieza en seco; luego el deshidratado, que permite concentrar las características organolépticas de la fruta. Finalizada la etapa de pretratamiento de las materias primas, estas pasan al proceso de mezclado, en el cual se añaden la miel de panela y el jarabe de glucosa; la mezcla homogenizada es colocada en moldes y llevada al proceso de horneado, donde se obtendrán barras energéticas crujientes. Concluido el horneado, es necesario que las barras energéticas se enfríen, para finalmente ser envasadas y almacenadas hasta su despacho para la venta.

3. CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño tienen como objetivos: facilitar el proceso productivo, reducir la manipulación de materiales, optimizar el movimiento del personal, mantener flexibilidad en operación y distribución, alcanzar un alto volumen de trabajo en proceso, controlar la inversión en equipamiento, hacer uso económico del edificio, promover la eficiencia energética, brindar a los empleados confort y seguridad en sus tareas, incrementar el beneficio y minimizar los costos de producción (Casp, 2005, p. 35).

3.1. INSPECCIÓN Y RECEPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Comprende la verificación de las características organolépticas y físico-químicas que deben cumplir las materias primas antes de su almacenamiento y durante su procesamiento.

Los granos de quinua y de amaranto, ambas materias primas de grado de calidad 1 ó 2, cuyas características se indican en las Tablas 3.1 y 3.2; se recibirán en sacos de 45 kg en un área específica para esta tarea e inmediatamente se aplicará el plan de muestreo detallado en la Tabla 3.3.

Tabla 3.1. Características físicas y de calidad de los granos de quinua

Requisito	Grado 1		Grado 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Granos enteros (%)	94		90	
Granos no aptos para procesamiento (%)		4,4		7,75
Impurezas totales (%)		0,25		0,3

(NTE INEN 1673, 2013, p. 3)

Tabla 3.2. Características físicas y de calidad de los granos de amaranto

Requisito	Grado 1		Grado 2	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Masa hectolítrica (kg/hL)	80		> 72	< 80
Tamaño del grano (mm)	1,14		0,87	1,13
Masa de 1000 granos (g)	1,43		0,94	1,42
Granos dañados (%)		2,5		4
Materias extrañas (%)		0,5		2,5

(NTE INEN 2646, 2012, p. 3)

Tabla 3.3. Plan de muestreo para lotes aislados de quinua y amaranto

Materia prima	Tamaño del lote (Sacos de 45 kg)	Número de muestras elementales aleatorias	Tamaño de muestra elemental (gramos)	Tamaño muestra reducida (gramos)
Quinua	23	10	70 a 1 000	1 500
Amaranto	8	8	70 a 1 000	1 500

(NTE INEN 1233, 1995, p. 3)

En las muestras reducidas, se verificará los atributos bromatológicos y microbiológicos que se detallan en las Tablas 3.4, 3.5 y 3.6.

Tabla 3.4. Requisitos bromatológicos para lotes aislados de quinua

Requisito	Resultado		
	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Piedrecillas en 100 g de muestra		Ausencia	NTE INEN 1671
Insectos (enteros, partes o larvas) en 100 g de muestra		Ausencia	NTE INEN 1671
Tamaño de grano (mm)	1,7	2,0	NTE INEN 1673
Humedad (%)		13,5	NTE INEN 1235

(NTE INEN 1673, 2013, p. 2)

Tabla 3.5. Requisitos bromatológicos para lotes aislados de amaranto

Requisito	Resultado		
	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Insectos en 1000 g de muestra		Ausencia	NTE INEN 1465
Tamaño de grano (mm)	0,87	1,13	NTE INEN 2646
Humedad (%)		12	NTE INEN 1235
Temperatura (°C)		18	

(NTE INEN 2646, 2012, p. 3)

Tabla 3.6. Requisitos microbiológicos para lotes aislados de quinua y amaranto

Microorganismo	Unidad	Número de muestras	Número de muestras permisibles	Valor máximo permisible	Método de ensayo
Mesófilos aerobios viables	<i>ufc/g</i>	5	3	1×10^6	NTE INEN 1529-5
<i>Escherichia coli</i>				1×10^1	NTE INEN 1529-8
Mohos y levaduras				1×10^4	NTE INEN 1529-11
<i>Salmonella</i> en 25 g			-	Ausencia	NTE INEN 1529-15

(NTE INEN 1673, 2013, p. 3; NTE INEN 2646, 2012, p. 5)

Una vez concluida la inspección y determinada la condición de la muestra, se aprobarán o rechazarán los lotes de quinua y/o amaranto recibidos.

Las uvillas con capuchón de grado de calidad I, cuyas características se indican en la Tabla 3.7, serán inspeccionadas en el sitio de cosecha.

Tabla 3.7. Características de calidad de las uvillas grado I

Característica	Resultado
Defectos de la forma	Leve
Defectos en la coloración	Leve
Defectos de la piel	Leve
Tolerancia* (%)	10

* Porcentaje en número o en masa de uvillas que no cumplan las características de este grado.
(NTE INEN 2485, 2009, p. 2)

Cuando el lote este completo, se dará inicio al proceso de muestreo detallado en la Tabla 3.8 y se verificará que las características físicas de la muestra reducida cumplan con los parámetros que se indican en la Tabla 3.9.

Tabla 3.8. Plan de muestreo para lotes aislados de uvilla con capuchón

Materia prima	Tamaño del lote (Gavetas de 7 kg)	Número de gavetas (muestras elementales aleatorias)	Tamaño muestra reducida (gramos)
Uvilla	94	8	1 000

(NTE INEN 1750, 1994, p. 3)

Tabla 3.9. Requisitos físicos para lotes aislados de uvilla con capuchón

Requisito	Resultado
Grado de madurez	3 ó 4 (Según carta colorimétrica)
Consistencia	Firme
Aspecto	Fresco, sano
Sabor	Característico
Olor	Característico
Plagas y/o materia extraña visible	Ausencia
Humedad externa*	Ausencia

*Excepto la condensación resultante del almacenamiento en cámara frigorífica.
(NTE INEN 2485, 2009, p. 3)

En la Figura 3.1, se puede apreciar la escala de colores de la uvilla con y sin capuchón, este es un método rápido para identificar el grado de madurez de la fruta.

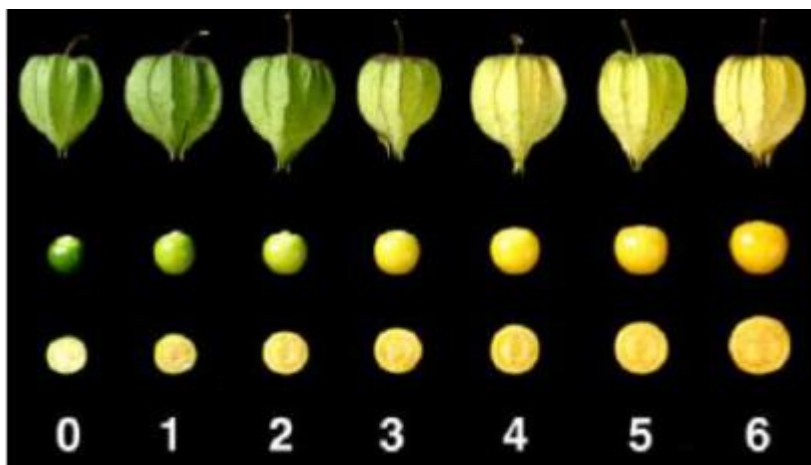


Figura 3.1. Carta colorimétrica de los estados de madurez de la uvilla
(NTE INEN 2485, 2009, p. 4)

Finalizada la inspección y establecida la condición de la muestra, se procederá con la aprobación o rechazo del lote de uvilla; si el lote es aprobado, las frutas envasadas en gavetas plásticas, 7 kg de uvilla en cada una, serán transportadas hasta el lugar de recepción y almacenamiento en la planta de procesamiento.

Los lotes de jarabe de panela y de glucosa de maíz líquida serán recibidos al granel; cabe mencionar que no existe normativa nacional que rige el muestreo en lotes aislados de glucosa de maíz; por lo tanto, para ambas materias se procederá con el plan de muestreo detallado en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Plan de muestreo para lotes aislados de jarabe de panela y glucosa

Producto	Tamaño del lote (kg)	Número de muestras elementales aleatorias	Volumen mínimo de la muestra extraída (L)
Jarabe de panela	164	2	3
Glucosa de maíz líquida	238	2	3

(NTE INEN 0263, 1980, p. 1)

En la muestra extraída del lote de jarabe de panela, se verificará los requisitos que se especifican en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11. Requisitos bromatológicos para lotes aislados de jarabe de panela

Requisito	Resultado
pH	Entre 3,8 a 4,0
Color (Según abanico colorimétrico)	Entre 3 a 9 Óptimo 7
Sólidos solubles (°Brix)	Entre 77 a 85
Humedad	Entre 17 a 26,5
Materias extrañas	Libre

(NTE INEN 0261, 1980, p. 1; Quezada, 2007a, p. 41)

El color del jarabe de panela es una característica para determinar la aceptación o rechazo del lote (Quezada, 2007b, p. 27). En la Figura 3.2, se observa el abanico colorimétrico, utilizado para establecer la calidad de la muestra de jarabe de panela o miel hidrolizada.

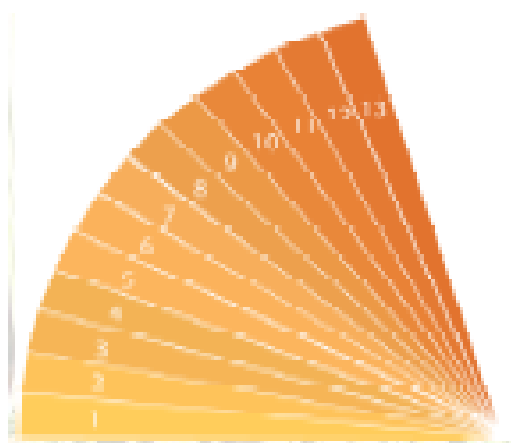


Figura 3.2. Abanico colorimétrico para la miel hidrolizada de panela
(Quezada, 2007b, p. 27)

En cuanto al lote de glucosa de maíz líquida, se comprobará que la muestra extraída cumpla con los requisitos indicados en la Tabla 3.12, elaborada sobre la base de los requerimientos planteados en la norma mexicana NMX F 005 1983.

Tabla 3.12. Requisitos bromatológicos para lotes aislados de glucosa de maíz líquida

Requisito	Resultado
Densidad (g/cm^3)	Entre 1,42 a 1,45
pH	Entre 4,7 a 5,3
Materias extrañas	Libre

(NMX F 005, 1983, p. 2)

Una vez analizadas las muestras, se determinará si los lotes de edulcorantes son aprobados o no. Los lotes de jarabe de panela y glucosa aprobados serán almacenados en tanques diseñados de acuerdo a las necesidades requeridas. Las características de los tanques de almacenamiento se detallan en el apartado 4.7.2 “Diseño de los tanques de almacenamiento de edulcorantes”.

3.2. CLASIFICACIÓN Y LIMPIEZA

Las operaciones de clasificación y limpieza tienen como objetivo el procesamiento de materias primas de mejor calidad. En esta etapa se hace una selección de acuerdo a las características físicas y organolépticas que se establecen en el proceso productivo para cada materia prima; adicionalmente, se separan de forma total las impurezas presentes (Brennan, Butters, Cowell y Lilley, 1998, p. 19).

Los lotes tanto de quinua como de amaranto serán limpiados y clasificados de acuerdo al tamaño del grano, aplicando el método mecánico con ventilador y zarandas o cribas; durante el procesamiento de los granos se dan pérdidas entre 13 a 15 % (D’Antonino, Texeira, Marques, Ribeiro y Pereira, 1993, p. 69; Meyhuay, 1997, p. 18). Para complementar el proceso de limpieza, se empleará un separador

magnético, que permitirá retirar cualquier material metálico que pudiera contaminar a la quinua y/o amaranto.

Finalizado el proceso de clasificación y limpieza se obtendrán quinua de tamaño grande y amaranto de grado 2. En las Tablas 3.13 y 3.14 se detallan los diferentes tipos de quinua y amaranto de acuerdo al tamaño de los granos.

Tabla 3.13. Clasificación de quinua considerando el tamaño del grano

Parámetro	Resultado	Denominación	Malla
Tamaño de grano (Diámetro promedio en milímetros)	> 2,0	Extra grande	85 % retenido en la malla ASTM 10
	1,7 a 2,0	Grande	85 % retenido en la malla ASTM 12
	1,4 a 1,7	Mediano	85 % retenido en la malla ASTM 14
	< 1,4	Pequeño	85 % que pasa por la malla ASTM 14

(NTE INEN 1673, 2013, p. 2)

Tabla 3.14. Clasificación de amaranto considerando el tamaño del grano

Parámetro	Resultado	Denominación
Tamaño de grano (mm)	$\geq 1,14$	Grado 1
	0,87 a 1,13	Grado 2
	< 0,87	Grado 3

(NTE INEN 2646, 2012, p. 3)

La clasificación de las uvillas se la realizará manualmente sobre bandas transportadoras con perforaciones; se seleccionarán los frutos que tengan nivel de madurez avanzado (grado 4 ó 5, según carta colorimétrica), calibre mediano y grande, apariencia fresca y no presenten golpes o rastros de podredumbre. En la Tabla 3.15, se muestra la clasificación de las uvillas según su calibre.

Tabla 3.15. Clasificación de la uvilla de acuerdo a su diámetro en mm de la zona ecuatorial

Diámetro ecuatorial (mm)	Calibre
> 22	Grande
18 – 22	Mediano
< 18	Pequeño

(NTE INEN 2485, 2009, p. 2)

Paralelamente al proceso de clasificación, las uvillas serán sometidas a limpieza en seco, se utilizarán cepillos de cerdas suaves para retirar todo material extraño en contacto con la fruta. Se estima que el porcentaje de pérdida de fruta no superará el 10 % en masa del lote en proceso (García et al., 2014, pp. 93–95).

3.3. TOSTADO

El proceso de tostado permite obtener amaranto reventado, que es un producto de humedad cercana al 2,3 %, sabor agradable y excelente digestibilidad (Mejía, 2003, p. 131; Muñoz, Gaytán, Lugo, Martínez y Flores, 2005, p. 2).

El amaranto limpio y clasificado será llevado hasta el interior de un tostador de tambor giratorio, este equipo se calentará por conducción, mediante la aplicación de llama directa sobre el tambor. Una vez que el tostador alcance los 168 °C, se controlará que el tiempo de reventado del amaranto no supere los 20 s (Mujica, Berti e Izquierdo, 1997, p. 84; Villacrés, 2013, p. 78).

Durante el proceso de tostado, algunos granos de amaranto no revientan y otros se queman, situación que origina pérdidas que pueden alcanzar hasta el 20 % (Escobar, Estévez, Vásquez, Castillo y Yañez, 1994).

3.4. ESCARIFICADO

Es un método mecánico abrasivo, que permite eliminar la saponina presente en la capa exterior del grano de quinua y que le da un sabor amargo. Al finalizar el proceso de escarificado se obtiene quinua perlada (Meyhuay, 1997, p. 19).

Los granos de quinua limpios y clasificados, entrarán en una pulidora o escarificadora en donde serán sometidos a fricción y golpeado, el polvillo de saponina es separado mediante succionadores de aire y el grano de quinua pulido es tamizado. La merma en el escarificado es aproximadamente del 5 % (Delatorre, Sánchez, Delfino y Oliva, 2013, p. 113).

3.5. ACONDICIONADO

Proceso que se realiza a temperatura ambiente (18 – 20 °C) y consiste en incrementar la humedad de la quinua libre de saponina de 13 a 17 %, aproximadamente; mediante la adición de 30 mL de agua por cada kg de quinua (Villacrés, 2013, p. 78).

La quinua perlada será colocada en un contenedor plástico, cuyas características de diseño se mencionan en el apartado 4.7.3 "Diseño del tanque de acondicionamiento", se añadirá la cantidad de agua correspondiente y se dejará que el grano se humecte en reposo durante un tiempo entre 15 a 20 min (Cueva, 2012, p. 78).

3.6. EXPANDIDO

Es un proceso tipo batch que permite conseguir productos tostados y crujientes, gracias al incremento del volumen y reducción de la humedad de los granos de quinua de 17 a 5 %, aproximadamente (Egas et al., 2010, p. 10). En la Figura 3.3, se

explica brevemente el principio operativo del proceso de expansión en granos y cereales.



Figura 3.3. Proceso de expansión de granos y cereales
(Villacrés, Salazar, Peralta y Ruilova, 2009, p. 10)

Para conseguir la expansión de la quinua se utilizará un equipo conocido como pistola, cañón o túnel expensor. La quinua humectada o acondicionada pasará a la cámara de expansión, el equipo se calentará por conducción, aplicando llama directa sobre la superficie del cilindro o cañón y una vez que se alcance las condiciones requeridas de temperatura, 160 °C y presión, 140 psi, se realizará la descarga para obtener los granos de quinua expandidos (Villacrés, Egas, Mazón y Peralta, 2011, p. 15).

3.7. DESHIDRATADO

Proceso en el cual se utiliza una corriente de aire caliente y seco para eliminar determinada cantidad de agua presente en un alimento, con el fin de alargar su vida útil, reducir tamaño y peso, sin perder las características organolépticas y nutricionales originales (Ibarz y Barbosa, 2005, p. 583; Pilamunga, Juntamay y Lucero, 2011, p. 44).

Las uvillas limpias y clasificadas serán colocadas dentro de un secador vertical de bandejas con convección forzada y flujo constante de aire caliente. La deshidratación de las frutas se llevará a cabo a una temperatura de 60 °C durante 165 min, de esta manera se conseguirá disminuir la humedad de 80 a 12 % (Fischer, Miranda, Piedrahita y Romero, 2005, p. 57; NTE INEN 2996, 2015, p. 2; Pilamunga et al., 2011, p. 44).

3.8. MEZCLADO

Es la operación más frecuente en el procesamiento de alimentos, permite una distribución uniforme de los componentes en el producto final (Brennan et al., 1998; p. 95). Cuando se pretende mezclar ingredientes sólidos, el grado de mezcla depende del tamaño, forma y densidad de las partículas (Rodríguez, et al., 2002, p. 65).

El mezclado será un proceso tipo batch, llevado a cabo en una mezcladora horizontal, se operará a temperatura ambiente (18 – 20 °C) y los ingredientes se mezclarán a razón de 370 mL de edulcorantes (jarabe de panela y glucosa de maíz líquida) por kg de masa total de ingredientes secos, durante un tiempo de 20 min (Villacrés, 2013, p. 9; Yacila y Barraza, 2014, p. 62).

3.9. MOLDEADO

La mezcla obtenida será dispuesta en bandejas de acero inoxidable, su diseño se detalla en el apartado 4.7.4 “Diseño de las bandejas de moldeado” Una vez que, la masa sea esparcida a lo largo y ancho de la bandeja, se realizará un prensado manual con una placa de acero inoxidable de al menos 4 kg, para conseguir que las barras tengan un espesor homogéneo de 2 cm (Lascano, 2013, p. 55; Yacila y Barraza, 2014, p. 62).

3.10. HORNEADO

Es un proceso que se caracteriza por aplicar condiciones de alta temperatura y baja humedad, permite obtener productos de textura crocante. El horneado por convección forzada, es uno de los métodos aplicados con mayor frecuencia en el procesamiento de alimentos (Pérez y Sosa, 2013, p. 42).

Las barras energéticas serán llevadas al interior de un horno de bandejas de convección forzada; las condiciones de temperatura y tiempo serán: 185 °C (constante) por 25 min (De la Paz y Coello, 2012, p. 5). Una vez que, el proceso de horneado ha finalizado, se obtendrán barras energéticas crujientes, con una humedad entre 2 a 3,5 % (Mejía, 2003, p. 133; Villacrés, 2013, p. 31).

3.11. ENFRIADO

Proceso que se realiza con el fin de evitar que el producto se humedezca y pierda crocancia dentro del envase.

Las barras energéticas se enfriarán en bastidores, estructuras metálicas, cuyo diseño se detalla en el apartado 4.7.5 “Diseño de bastidores”, a temperatura ambiente (18 –

20 °C) y durante un tiempo máximo de 30 min (Villacrés, 2013, p. 81). Concluido el proceso de enfriamiento, las barras energéticas serán envasadas y selladas.

3.12. ENVASADO

Las barras energéticas serán envueltas en polipropileno bi-orientado metalizado, el cual permite que la vida útil del producto alcance 171 días (Villacrés, 2013, p. 27). Finalizado el proceso de envasado, las barras energéticas serán empacadas manualmente en cajas de cartón, 100 unidades por caja, y almacenadas sobre pallets en la bodega de producto terminado.

En la Figura 3.4, se puede observar el conjunto secuencial de operaciones unitarias necesarias para obtener barras energéticas con base a quinua expandida, amaranto reventado y uvilla deshidratada, endulzadas con miel de panela y glucosa de maíz líquida.

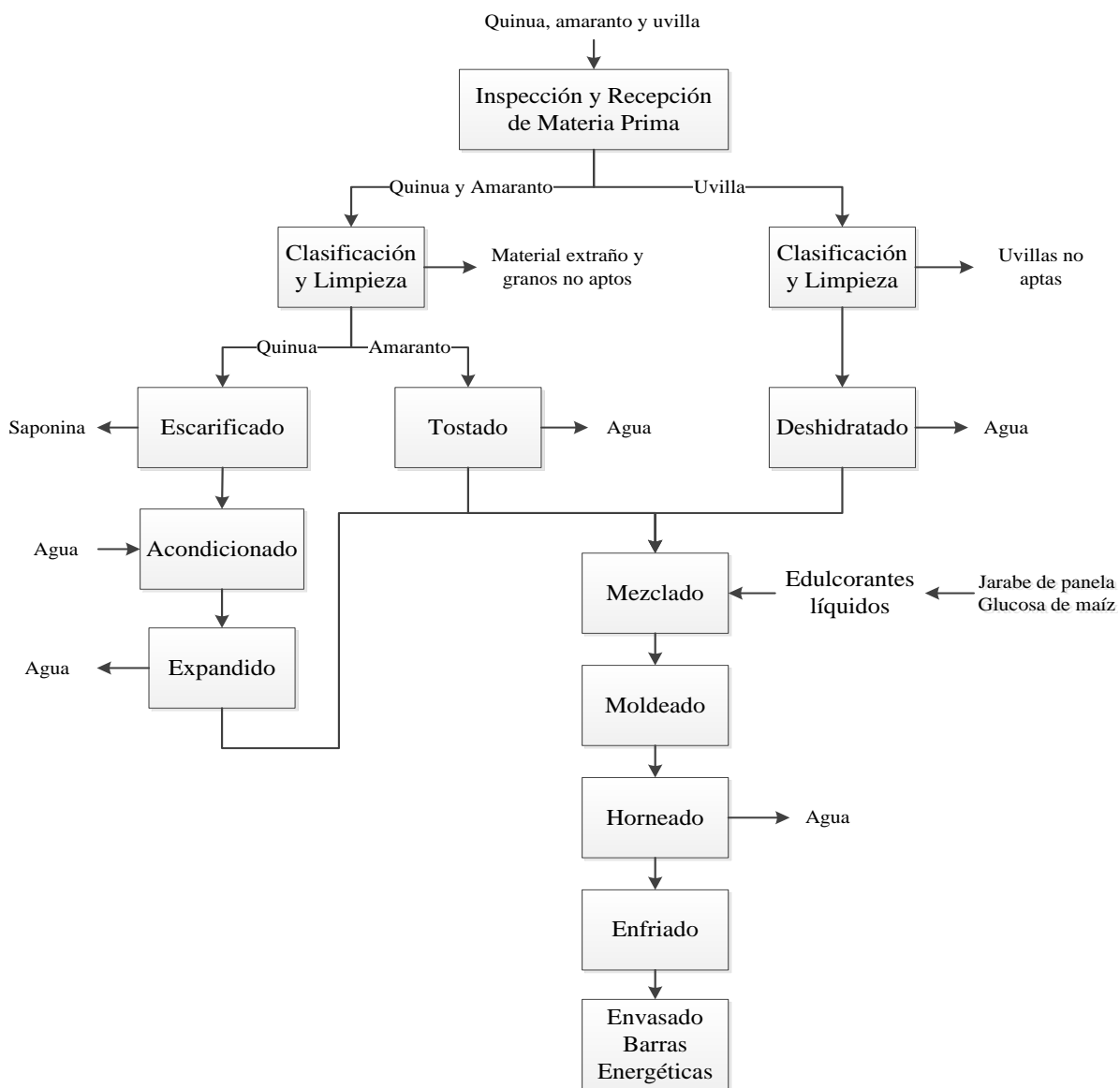


Figura 3.4. Operaciones unitarias que comprenden el proceso productivo de barras energéticas con base a quinoa, amaranto y uvilla, endulzadas con miel de panela y jarabe de glucosa

4. DISEÑO DE LA PLANTA

El diseño de plantas agroalimentarias es una actividad tecnológica y creativa que requiere un tratamiento específico, debido a las características especiales que atribuye la naturaleza biológica tanto de las materias primas como del producto terminado (Maroulis y Saravacos, 2003, p. 58).

4.1. DIAGRAMAS DE BLOQUES (BFD) Y DIAGRAMA DE FLUJO (PFD)

Los diagramas BFD y PFD son representaciones gráficas sencillas de un proceso productivo, exponen de forma secuencial y lógica las operaciones básicas con sus respectivas características o condiciones (Casp, 2005, p. 57)

En la Figura 4.1, se presenta el diagrama de bloques (BFD) del proceso productivo para obtener barras energéticas a base de quinua expandida, amaranto tostado y uvilla deshidratada; endulzadas con miel de panela y glucosa de maíz líquida, de acuerdo, con la formulación propuesta.

En la Tabla 4.1, se detallan los equipos requeridos para producir barras energéticas con su respectiva representación gráfica; en tanto que, el diagrama de flujo (PFD) se muestra en la Figura 4.2.

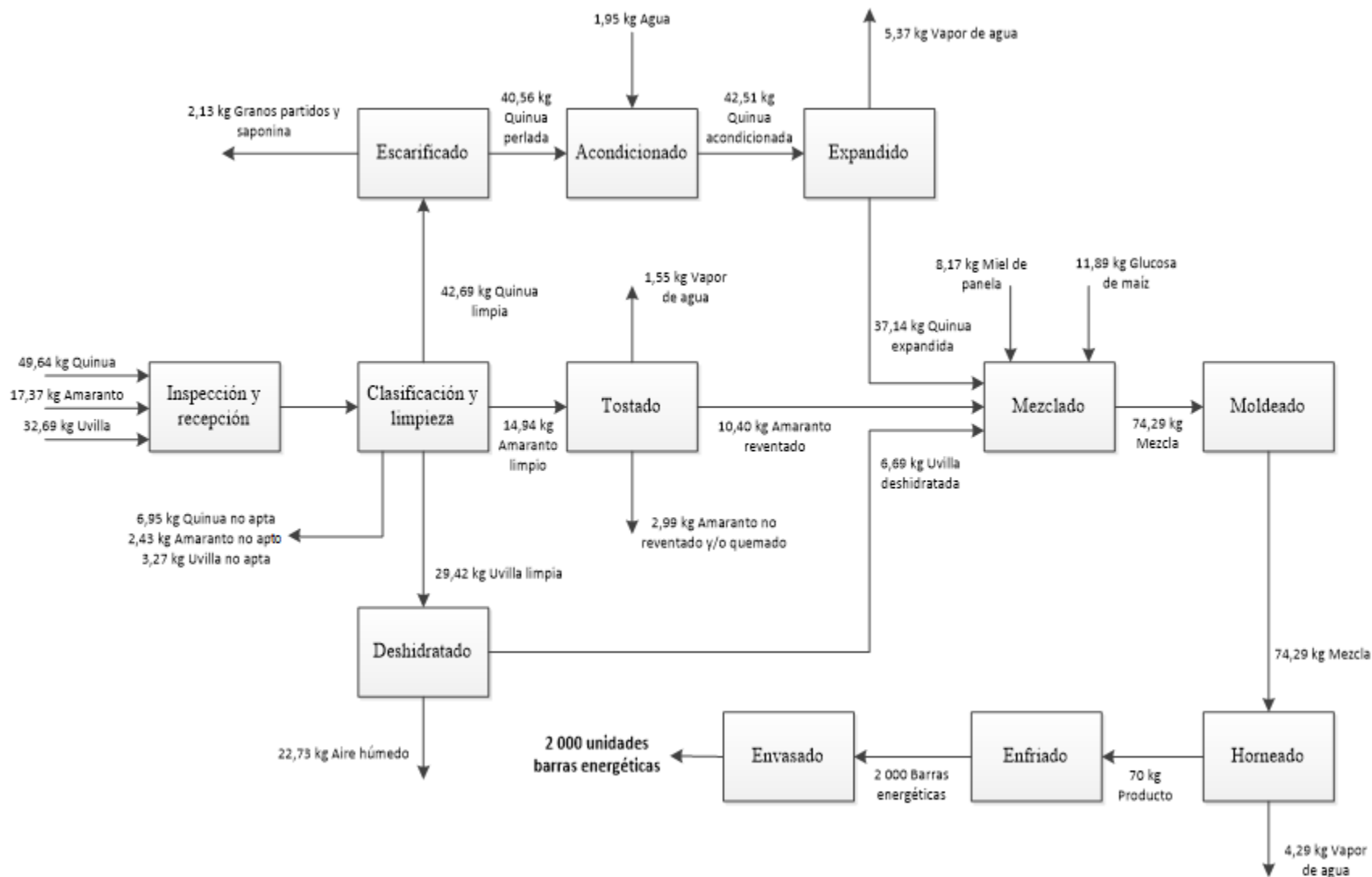


Figura 4.1. BFD del proceso productivo de 2 000 unidades de barras energéticas por día

Tabla 4.1. Simbología de los equipos empleados en el PFD de barras energéticas

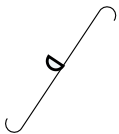
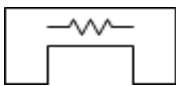

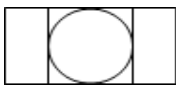
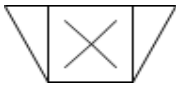
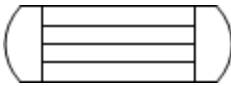

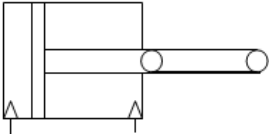






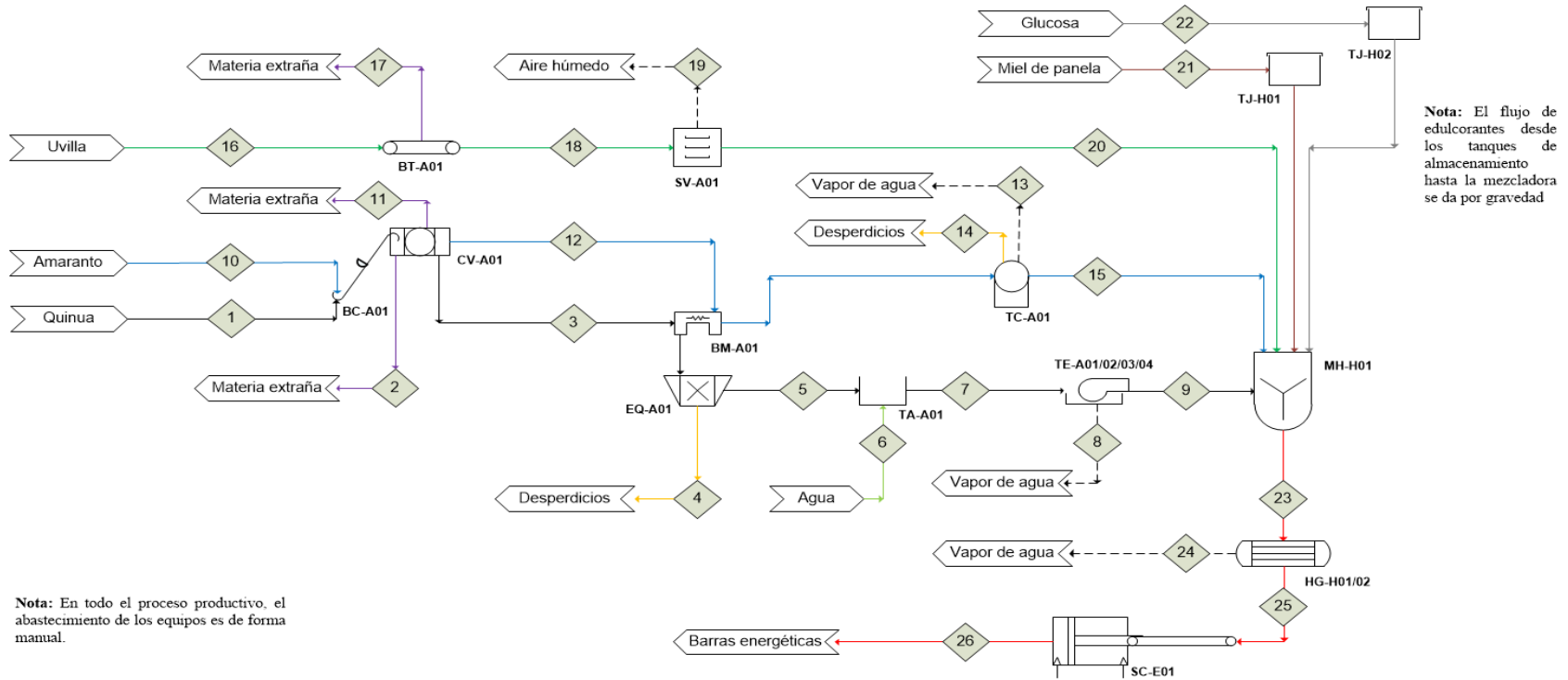
Código	Equipo	Esquema gráfico
BC-A01	Banda transportadora de chevrones	
BM-A01	Bloque magnético	
BT-A01	Banda transportadora horizontal	
CV-A01	Clasificadora vibratoria de granos	
EQ-A01	Pulidora de granos/escarificadora de quinua	
HG-H01	Horno de bandejas	
MH-H01	Mezcladora	
SC-E01	Selladora	
SV-A01	Secador vertical de bandejas	
TA-A01	Tanque de acondicionamiento	
TC-A01	Tostador de cereales	
TE-A01	Cañón/túnel expensor	

Tabla 4.1. Simbología de los equipos empleados en el PFD de barras energéticas
(continuación...)

Código	Equipo	Esquema gráfico
TJ-H01	Tanque de glucosa	
TJ-H02	Tanque de miel de panela	



Nota: En todo el proceso productivo, el abastecimiento de los equipos es de forma manual.

Nota: El flujo de edulcorantes desde los tanques de almacenamiento hasta la mezcladora se da por gravedad

	CORRIENTE																									
Característica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Estado	S	S	S	S	S	L	S	G	S	S	S	S	G	S	S	S	S	S	G	S	L	L	S	G	S	S
Temperatura (°C)	18	18	18	18	18	18	18	160	160	18	18	18	168	168	168	18	18	18	60	60	18	18	18	185	185	18
Presión (atm)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	9.53	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Flujo másico componentes (kg/día)																										
Quinoa	49,64		42,69		40,56		42,51		37,14																	
Amaranto										17,37		14,94			10,40											
Uvilla																32,69		29,42		6,69						
Agua						1,95																				
Miel de panela																					8,17					
Glucosa																						11,89				
Vapor de agua								5,37					1,55						22,73					4,29		
Materia extraña		6,95									2,43						3,27									
Desperdicios				2,13										2,99												
Mezcla																							74,29			
Producto terminado																									70,00	70,00

Figura 4.2. PFD del proceso productivo de 2 000 unidades de barras energéticas por día

4.2. BALANCE DE MASA

En el balance de masa se aplica la ley de la conservación de la materia para calcular el caudal o flujo y la composición de las diferentes corrientes que entran y salen de un sistema (Ibarz y Barbosa, 2005, p. 86).

En la Tabla 4.2, se plantea el resumen del balance de masa del proceso productivo de barras energéticas; en tanto que, en el Anexo II se describe el balance de masa realizado en cada operación unitaria que forma parte del proceso productivo.

Tabla 4.2. Flujo másico de los componentes necesarios para la producción de barras energéticas

Componente	Flujo másico		
	kg/día	kg/mes	kg/año
Quinoa cruda	49,64	992,88	11 914,56
Quinoa expandida	37,14	742,88	8 914,56
Amaranto crudo	17,37	347,49	4 169,88
Amaranto reventado	10,40	208,00	2 496,00
Uvilla fresca	32,69	653,74	7 844,88
Uvilla deshidratada	6,69	133,72	1 604,64
Miel de panela	8,17	163,43	1 961,16
Glucosa de maíz líquida	11,89	237,72	2 852,64
Agua	1,95	39,09	469,08
Producto final	70,00	1 400,00	16 800,00

4.3. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La producción de barras energéticas se realizará bajo un régimen normal de horarios, se trabajará durante 20 días al mes, 8 horas al día, con el objetivo de producir 2 000 barras energéticas diarias.

El proceso productivo en planta inicia con la inspección y recepción de la materia prima, se toman muestras de las mismas, se realiza un análisis rápido en el laboratorio y se determina su aceptación o rechazo. Si los lotes de materias primas son aceptados, estas son acopiadas en sus respectivas zonas de almacenamiento.

Las diferentes materias primas almacenadas, ingresan a sus respectivos procesos de pretratamiento; una vez acondicionadas, son llevadas a la zona de mezcla, en donde se homogenizan con los jarabes líquidos; la masa obtenida es colocada en las bandejas de moldeado y es llevada a los hornos. Concluido el proceso de horneado, las bandejas con las barras energéticas son colocadas en bastidores para trasladarlas al área de enfriado y envasado, donde serán envueltas en bolsas de polipropileno metalizado y selladas. Finalmente, el producto terminado será almacenado hasta su venta.

En la Figura 4.3, se puede observar la planificación de la producción en un día laboral, en función de la capacidad de los equipos y de la duración establecida para cada una de las actividades o tareas que se llevan a cabo dentro de la planta.

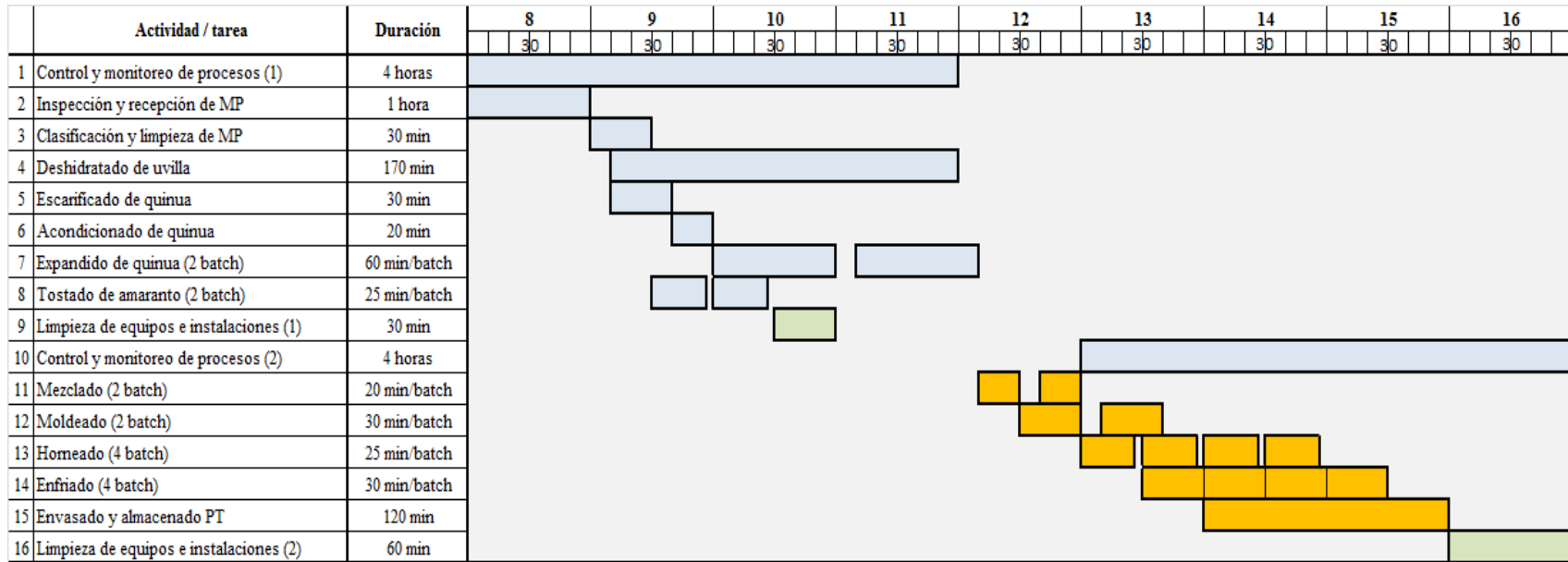


Figura 4.3. Diagrama de Gantt para la producción de 2 000 barras energéticas diarias

4.4. BALANCE DE ENERGÍA

El concepto de conservación de la energía es algo más complejo que el de conservación de la masa, ya que la energía puede manifestarse de varias maneras; por lo tanto, para el cálculo energético será necesario considerar que la energía contenida en las corrientes que ingresan a un sistema más la energía añadida es igual a la energía total que sale de él (Earle, 1988, p. 2).

En la Tabla 4.3, se plantea el resumen del balance de energía del proceso productivo de barras energéticas; en tanto que, en el Anexo III se describe el balance energético realizado en cada operación unitaria, que lo amerite.

Tabla 4.3. Resumen del balance de energía del proceso productivo de barras energéticas

Proceso	Potencia (hp)	Energía requerida (kJ/día)
Pretratamiento materias primas	0,70	89 400,36
• Tostado	0,50	11 641,97
• Expandido	-	23 328,49
• Deshidratado	0,20	54 429,90
Horneado de la mezcla	2,68	311 540,12
Total		400 940,48

La energía requerida para tostar el amaranto es de 11 641,97 kJ por día; para expandir la quinua se necesita una energía de 23 328, 49 kJ por día; la energía necesaria para deshidratar la uvilla es de 54 429,90 kJ por día; finalmente, para hornear la mezcla y obtener barras energéticas crujientes se precisa una energía de 311 540,12 kJ por día. El balance energético total en la planta de producción se detalla en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Balance energético en la planta de producción de barras energéticas

Código	Equipo	Potencia (hp)	Potencia (kw)	Tiempo uso diario (h)	Consumo kw-h/día
BC-A01	Banda transportadora de chevrones	1,47	1,10	0,06	0,07
CV-A01	Seleccionadora vibratoria	3,00	2,24	0,17	0,38
BT-A01	Banda transportadora	5,36	4,00	0,17	0,68
TC-A01	Tostador	0,50	0,37	1,00	0,37
SV-A01	Secador vertical	0,20	0,15	2,75	0,41
EQ-A01	Escarificadora	2,00	1,5	0,36	0,54
MH-H01	Mezcladora	1,00	0,75	0,67	0,50
HG-H01	Horno	2,68	2,00	1,67	3,34
SC-E01	Selladora de banda	0,67	0,50	1,00	0,50
				Total (kWh)	6,79

El total de energía por día que requiere la planta para operar es de 6,79 kWh; es decir, que al mes serán necesarios 135,8 kW.

4.5. DISPOSICIÓN EN PLANTA Y PLANOS DE ELEVACIÓN

Optimizar la distribución en la planta, permite el desarrollo de un sistema de producción eficiente y eficaz, para fabricar a bajo costo la cantidad requerida de producto, con la calidad que exigen las entidades regulatorias y el mercado (Niebel y Freivalds, 2009, p. 86).

La planta propuesta cuenta con 17 áreas claramente diferenciadas, sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.5; en tanto que, en las Figuras 4.4, 4.5 y 4.6, se puede observar el Layout y las vistas de los cortes longitudinal y transversal de la planta, respectivamente. Los procesos de pretratamiento y transformación están distribuidos en la planta de producción en forma lineal.

Tabla 4.5. Especificaciones de las áreas distribuidas en la planta productora de barras energéticas

Número	Nombre del área	Superficie útil (m ²)
1	Recepción y almacenamiento de materias primas	9,00
2	Oficina de gerencia	8,50
3	Laboratorio	7,80
4	Hall de entrada para personal administrativo y operativo	24,00
5	Vestidores para personal operativo	10,50
6	Zona de desinfección y sanitarios	17,50
7	Acondicionamiento de materias primas	163,00
8	Mezclado, moldeado y horneado	53,00
9	Enfriado y Envasado	12,50
10	Oficina de supervisión	10,20
11	Bodega de producto terminado	44,00
12	Oficina de ventas	9,00
13	Almacén de venta directa	36,20
14	Patio de maniobras y parqueadero	320,00
15	Tanque de almacenamiento de GLP	14,50
16	Contenedores desechos sólidos	8,50
17	Garita de seguridad	5,00
TOTAL		753,20

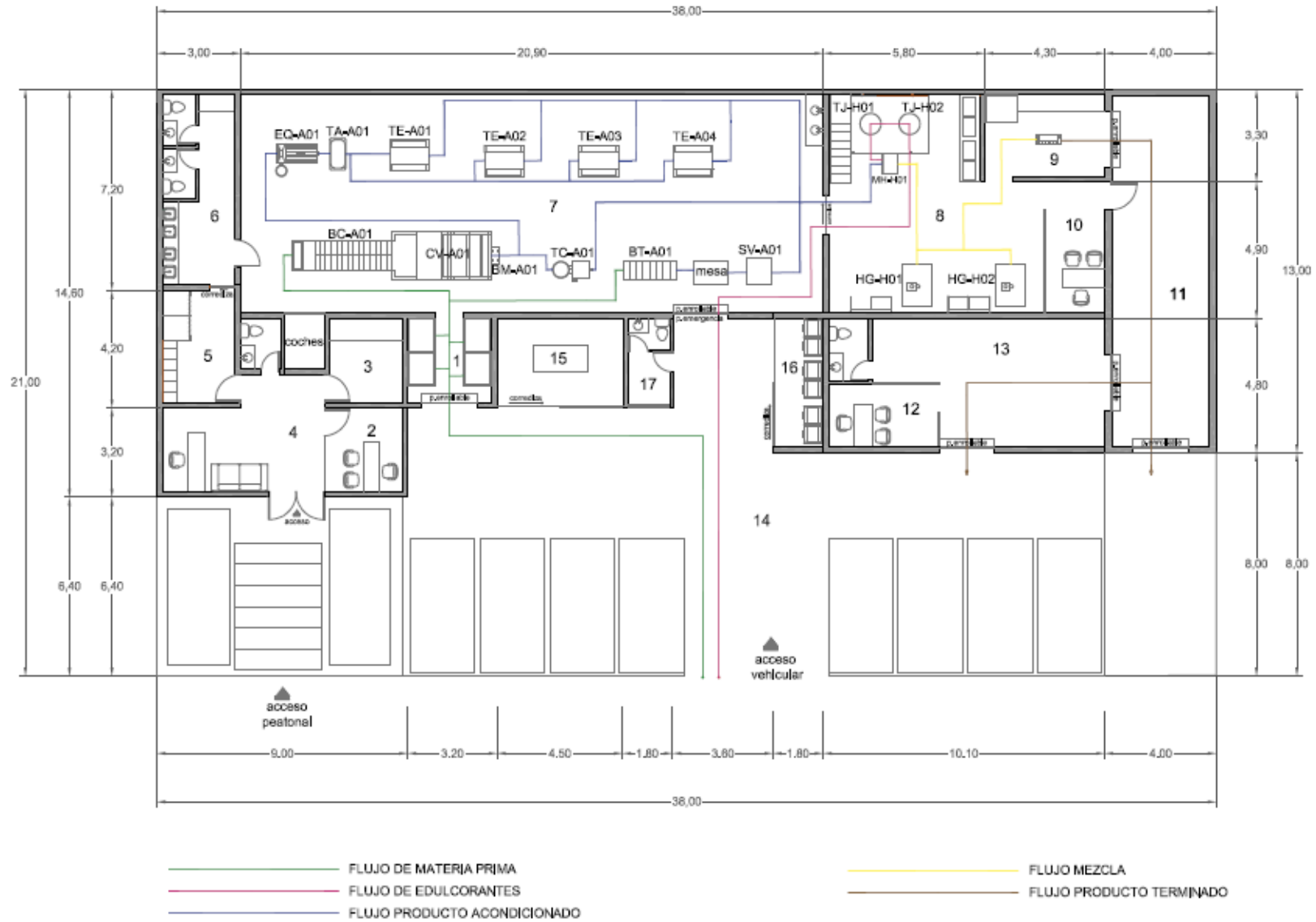


Figura 4.4. Layout de la planta productora de barras energéticas

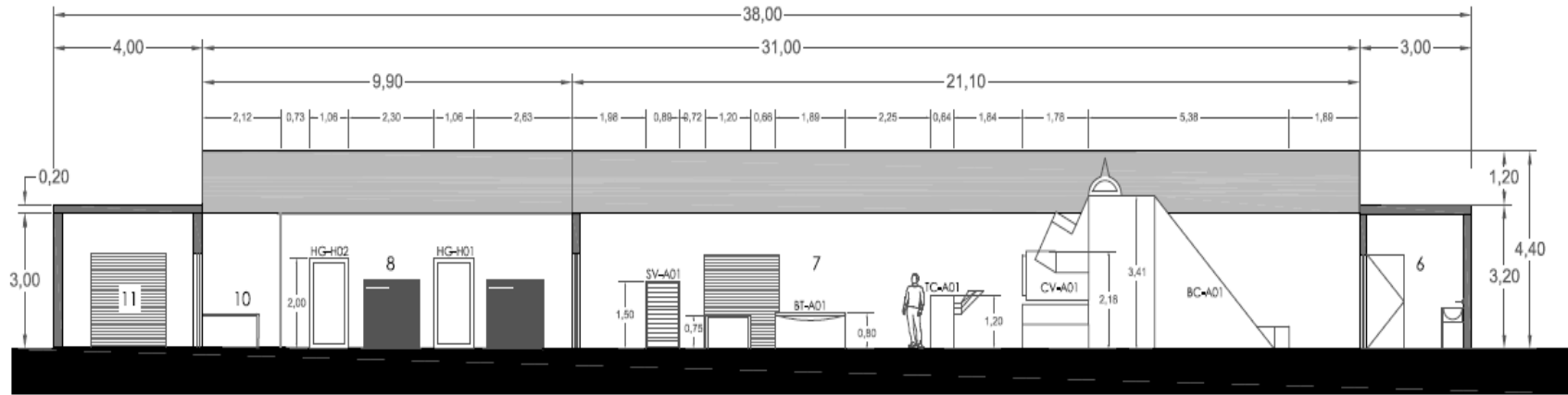


Figura 4.5. Vista del corte longitudinal de la planta productora de barras energéticas

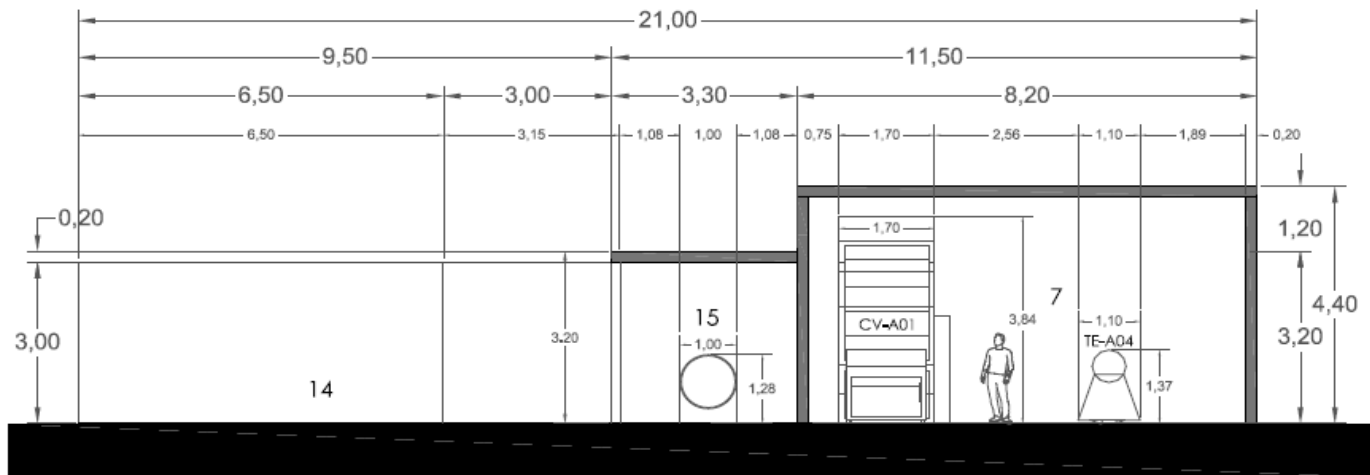





Figura 4.6. Vista del corte transversal de la planta productora de barras energéticas

4.6. DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN (P&ID) Y CONTROL

El diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) y control, permite identificar las líneas de flujo que se conectan entre los procesos y reconocer los puntos de control necesarios. Para la planta de producción propuesta, únicamente en el proceso de mezclado se incorporan los líquidos edulcorantes-aglutinantes, como se muestra en la Figura 4.7; adicionalmente, en la Tabla 4.6 se muestra la codificación usada para el P&ID.

Tabla 4.6. Codificación del diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) y control

ÍTEM	CANTIDAD	CÓDIGO
Banda transportadora	1	BT-A01
Banda transportadora de chevrones	1	BC-A01
Bloque magnético	1	BM-A01
Clasificadora vibratoria	1	CV-A01
Escarificadora de quinua	1	EQ-A01
Horno de bandejas	2	HG-H01/02
Mezcladora horizontal	1	MH-H01
Secadora vertical de bandejas	1	SV-A01
Selladora codificadora de banda	1	SC-E01
Tanque de acondicionamiento	1	TA-A01
Tanque de almacenamiento de jarabes	2	TJ-H01/02
Tostador de cereales	1	TC-A01
Túnel expensor	4	TE-A01/02/03/04
Tubería de jarabe de glucosa	1	1 1/2"-GLU-INOX-1,8m
Tubería de miel de panela	1	1 1/2"-MIEL-INOX-1,8m
Válvula manual	4	VM-01/02/03/04
Indicador de temperatura	4	TI-01/02/03/04
Indicador de presión	4	PI-01/02/03/04
Tubería de fluidos		
Corrientes del proceso		
Tubería de desfogue de vapores		

Los indicadores de temperatura se encuentran en la secadora vertical de bandejas, en el tostador de cereales y en los hornos de bandejas; en tanto que, los indicadores de presión están instalados en los túneles expansores. Las tuberías son de acero inoxidable grado alimenticio, los detalles del diseño se encuentran en el Anexo IV.

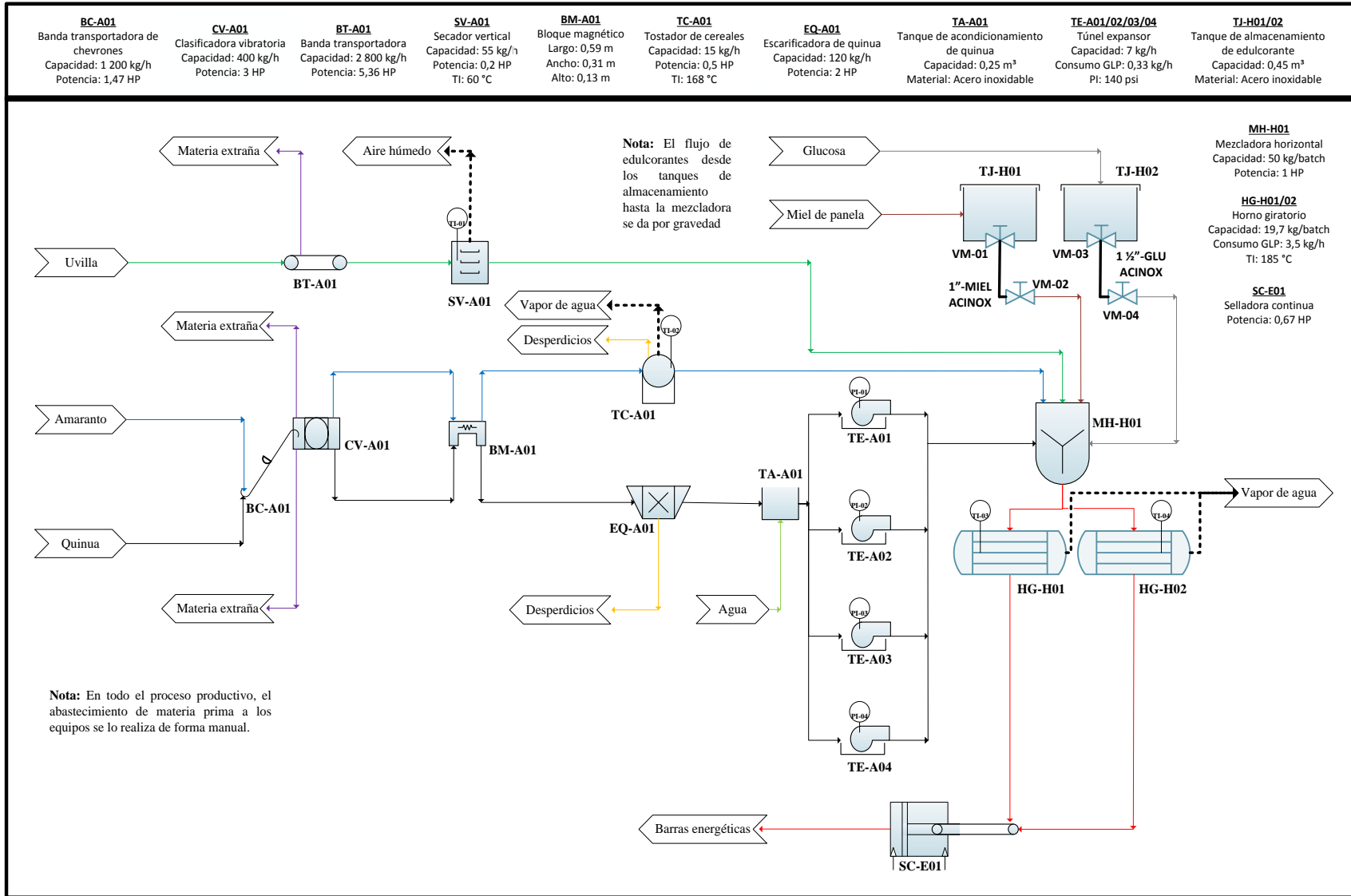


Figura 4.7. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) y control

4.7. DIMENSIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

En cada operación unitaria se seleccionarán los equipos necesarios, de acuerdo con la información disponible en la ficha técnica entregada por el fabricante (Casp, 2005, p. 174).

Con base al balance de masa y el diagrama de Gantt, se han especificado flujos de materia para cada uno de los procesos, y se ha seleccionado la maquinaria que permita obtener un producto de calidad en el tiempo determinado. En la Tabla 4.7, se muestra cada uno de los procesos, con sus respectivos flujos y los equipos disponibles en el mercado, con sus capacidades; adicionalmente, en el Anexo V se encuentran las hojas técnicas de los equipos seleccionados para la producción de barras energéticas.

Tabla 4.7. Características de los equipos requeridos para la producción de barras energéticas


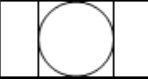

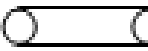


PROCESO	FLUJO MÁXICO (kg/día)			FLUJO TOTAL (kg/día)	EQUIPO NECESARIO	SÍMBOLO	CAPACIDAD	POTENCIA	N° UNIDADES	TIEMPO (minutos al día)
	Quinoa	Amaranto	Uvilla							
Transporte entre procesos	49,6	17,4	0,0	67,00	Banda transportadora de chevrones		1 200,00 kg/h	1,47 HP	1	3,4
Clasificación y limpieza	49,6	17,4	0,0	67,00	Seleccionadora vibratoria		400,00 kg/h	3,0 HP	1	10,0
	49,6	17,4	0,0	67,00	Separador magnético		400,00 kg/h	N/A	1	10,0
	0,0	0,0	32,7	32,70	Banda transportadora para selección		1 043,90 kg/h	5,36 HP	1	10,0
Tostado	0,0	14,9	0,0	14,90	Tostadora		9,50 kg/h	0,5 HP	1	59,8
Deshidratado	0,0	0,0	29,4	29,40	Secador		55,00 kg/h	0,2 HP	1	165,0

Tabla 4.7. Características de los equipos requeridos para la producción de barras energéticas (continuación...)





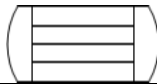
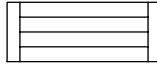
PROCESO	FLUJO MÁSSICO (kg/día)			FLUJO TOTAL (kg/día)	EQUIPO NECESARIO	SÍMBOLO	CAPACIDAD	POTENCIA	N° UNIDADES	TIEMPO (minutos al día)
	Quinoa	Amaranto	Uvilla							
Escarificado	42,7	0,0	0,0	42,70	Escarificadora		120,00 kg/h	2,0 HP	1	21,4
Acondicionado	42,5	0,0	0,0	42,50	Bandeja de reposo		0,24 m ³	N/A	1	20,0
Expandido	42,5	0,0	0,0	42,50	Túnel expensor		7,00 kg/batch	N/A	4	60,00
Mezclado	Mezcla			74,30	Mezcladora		50,00 kg batch/20 min	1,0 HP	1	40,0
Horneado	Mezcla			74,30	Horno de bandejas		19,68 kg batch/25 min	1,5 HP	2	100,0
Enfriado	Mezcla			70,00	Bastidor		49,23 kg/bastidor	N/A	2	30,0 c/batch

Tabla 4.7. Características de los equipos requeridos para la producción de barras energéticas (continuación...)

PROCESO	FLUJO MÁSSICO (kg/día)			FLUJO TOTAL (kg/día)	EQUIPO NECESARIO	SÍMBOLO	CAPACIDAD	POTENCIA	N° UNIDADES	TIEMPO (minutos al día)
	Quinua	Amaranto	Uvilla							
Envasado	Mezcla			70,00	Selladora		7 560,00 bolsas/h	0,67 HP	1	60,0

El expandido es la operación unitaria que presenta un “cuello de botella”, por dos razones en particular, la capacidad del equipo seleccionado y las características organolépticas de la quinua expandida. En cuanto al equipo, este no cumple las condiciones para ser calificado como de escala industrial; en tanto que, la quinua expandida debe ser trasladada rápidamente hacia la mezcladora, debido a que se humecta fácilmente y esto modifica significativamente su textura en el producto final. Por lo tanto, se decidió adquirir 4 cañones expansores, con el fin de aprovechar al máximo la capacidad individual de cada equipo; de esta manera, obtener en el menor tiempo posible la cantidad diaria requerida de quinua expandida.

Para el cálculo de la capacidad del horno seleccionado, se considera la capacidad por bandeja detallada en el apartado 4.7.4 “Diseño de las bandejas de moldeado” y que permite establecer la siguiente relación:

$$\frac{16 \text{ bandejas}}{1 \text{ batch}} * \frac{1,23 \text{ kg}}{1 \text{ bandeja}} = 19,68 \text{ kg/batch}$$

Determinada la capacidad del horno, se establece que, 1 equipo debe realizar 4 paradas (batch), para hornear toda la mezcla (74,3 kg) necesaria para producir 2 000 unidades de barras energéticas; sin embargo, se considera necesaria la adquisición de un horno adicional, que sirva de “back-up” en el proceso de horneado y en el proceso de deshidratado; ya que, el horno seleccionado puede trabajar en un rango desde 50 hasta 250 ° C, la hoja técnica del equipo está disponible en el Anexo V.

4.7.1. DISEÑO DEL CUARTO DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de materiales es importante en cualquier proceso de producción; en el caso de la industria alimentaria el cuarto de almacenamiento debe ser diseñado de manera tal, que permita abastecer a la planta y también mantenga las materias primas en condiciones óptimas.

Para diseñar el cuarto de almacenamiento, es preciso conocer la capacidad necesaria para cada una de las materias primas. En la Tabla 4.8, se indica la masa que se requiere almacenar diaria y semanalmente.

Tabla 4.8. Masa de materia prima requerida en el proceso productivo de barras energéticas

PERIODO	UNIDADES	QUINUA	AMARANTO	UVILLA	TOTAL
Diario	kg/día	49,64	17,37	32,69	99,71
Semanal	kg/semana	248,22	86,87	163,44	498,53
Densidad (kg/m ³)		1 240 (Cervilla, Mufari, Calandri y Guzmán, 2012, p. 4)	1039 (Aqua-calc, 2017)	462,3 (Göcken, Nazmi, Halil y Vildan, 2014, p. 2320)	
Semanal	m ³ /semana	0,20	0,08	0,35	0,64

Con los datos de la Tabla 4.8, se ha determinado que el volumen de materias primas sólidas que se requiere almacenar por semana es de 0,64 m³. Una vez obtenido el volumen de materiales que se desea almacenar y tomando en cuenta que, el cuarto

de almacenamiento deberá, al menos, abastecer la producción de un mes, la altura de almacenamiento no será mayor a 1,5 m, el crecimiento anual planteado para producción será 10 % y deberá contar con suficiente ventilación; se decidió que las dimensiones del cuarto de almacenamiento sean: 3 m de largo, 3 m de ancho y de alto 3 m.

4.7.2. DISEÑO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE EDULCORANTES

El jarabe de panela y la glucosa son materias primas que no necesita de un proceso previo de acondicionamiento y son usadas directamente en el proceso de mezclado. Al poseer altas concentraciones de azúcares (80 °Brix jarabe de panela y 70 °Brix la glucosa), las dos sustancias pueden ser almacenadas a temperatura ambiente, en un recipiente hermético de acero inoxidable 304 y 3 cm de espesor.

El aprovisionamiento de edulcorantes será una vez al mes, por lo que, se realizó el diseño de un recipiente con la suficiente capacidad de almacenamiento. El cálculo de la capacidad de los tanques se muestra en la Tabla 4.9 y el diseño final de los tanques se puede observar en la Figura 4.8.

Tabla 4.9. Características de los tanques de almacenamiento de edulcorantes

Material	Flujo			Flujo requerido (m^3/mes)	Dimensiones del tanque de almacenamiento (m)	Volumen del tanque (m ³)
	kg/día	kg/semana	kg/mes			
Glucosa (20 °C)	11,89	59,45	237,8	0,17*	1 m de alto x 0,75 m de diámetro	0,44
Jarabe de panela (50 °Brix, 18 °C)	8,17	40,85	163,4	0,12*	1 m de alto x 0,75 m de diámetro	0,44

*Para el cálculo del volumen se utilizaron las densidades de 1 426 kg/m³ para el jarabe de glucosa (Schellart, 2011, p. 1080) y de 1 356 kg/m³ para la miel de panela (Naranjo, 2008, p. 96).

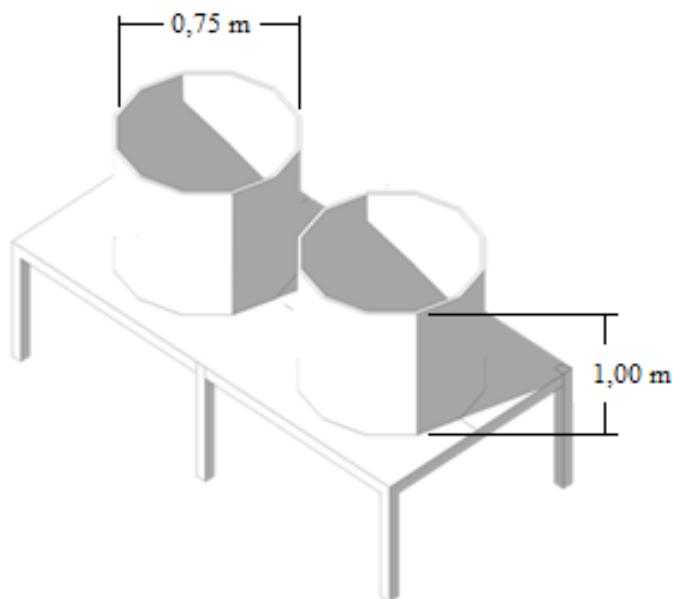


Figura 4.8. Vista isométrica de los tanques de almacenamiento de edulcorantes líquidos

4.7.3. DISEÑO DEL TANQUE DE ACONDICIONAMIENTO

El proceso de acondicionado consiste en sumergir la quinua en agua con una relación de 30 mL de agua por cada kg de quinua, aproximadamente (Villacrés, 2013, p. 78).

Para llevar a cabo el acondicionamiento, se establecieron las siguientes características de diseño para un tanque de polietileno de alta densidad: 1 m de largo, 0,5 m de ancho y 0,5 m de alto; por lo tanto, una capacidad de almacenamiento de $0,25 \text{ m}^3$. En la Figura 4.9, se puede apreciar el diseño del tanque acondicionador que recibirá diariamente 40,56 kg de quinua y 1 954,5 mL de agua.

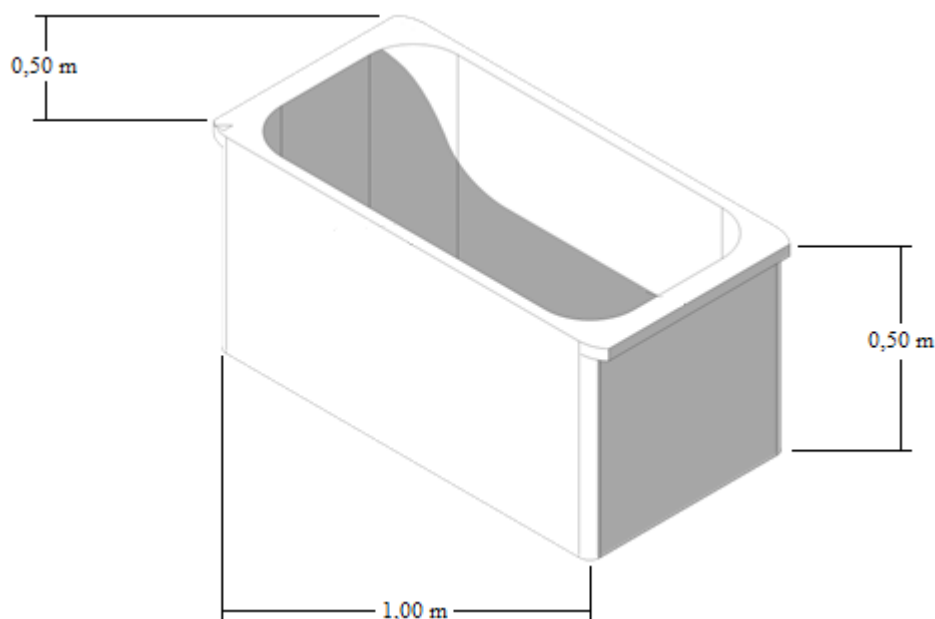


Figura 4.9. Vista isométrica del tanque acondicionador de quinua

4.7.4. DISEÑO DE LAS BANDEJAS DE MOLDEADO

Las bandejas de moldeado deberán ser construidas en función del tamaño del horno que se ocupe, en este caso se ha decidido trabajar con el Horno G10 de 16 bandejas, fabricado localmente por la empresa INOX; la ficha técnica del mismo se puede observar en el Anexo V.

Las medidas establecidas por el fabricante para las bandejas de este horno son de: 0,46 m de ancho y 0,66 m de largo; adicionalmente, se considera que las medidas deseadas para la barra energética son: 2 cm de espesor, 3 cm de ancho y 10 cm de largo. El diseño propuesto para las bandejas de moldeado se puede observar en la Figura 4.10.

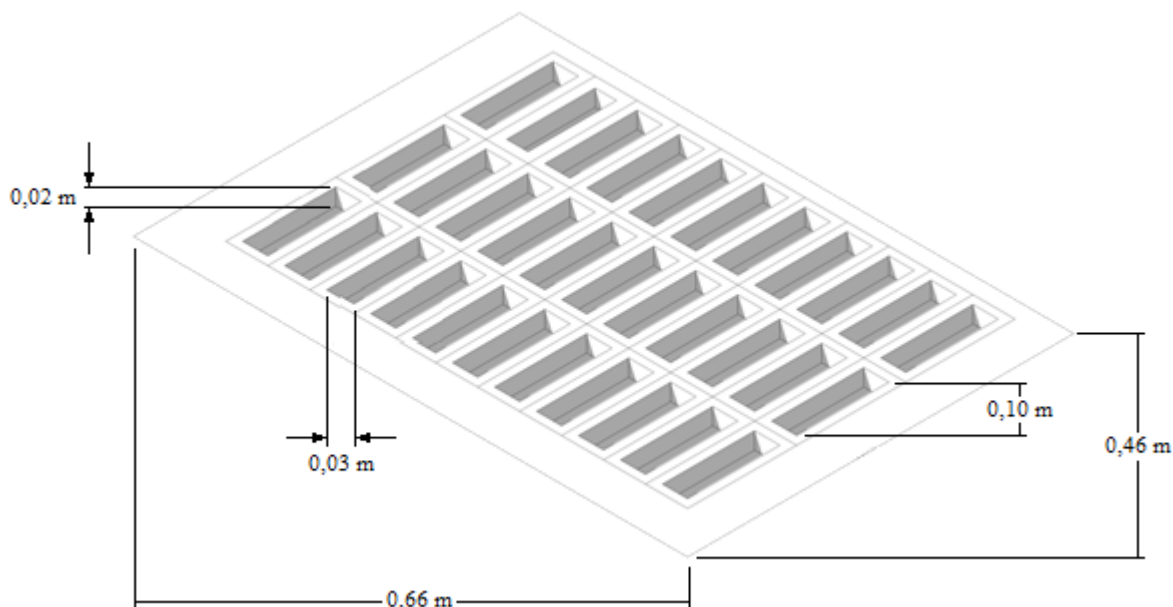


Figura 4.10. Vista isométrica de las bandejas para moldeado y horneado

A partir de este diseño, se puede calcular la capacidad del horno y el número de bandejas que serán necesarias para producir diariamente 2 000 barras energéticas de 35 g cada una. Los cálculos, son los siguientes:

$$\frac{33 \text{ unidades}}{1 \text{ bandeja}} * \frac{0,037 \text{ kg mezcla por hornear}}{1 \text{ unidad}} = 1,23 \frac{\text{kg}}{\text{bandeja}}$$

Se conoce que el horno tiene capacidad para 16 bandejas; por lo tanto:

$$\frac{16 \text{ bandejas}}{1 \text{ batch}} * \frac{1,23 \text{ kg mezcla por hornear}}{1 \text{ bandeja}} = 19,68 \frac{\text{kg}}{\text{batch}}$$

Adicionalmente, del balance de masa se obtuvo que diariamente se requiere hornear 74,29 kg de mezcla, entonces:

$$74,29 \text{ kg mezcla por hornear} * \frac{1 \text{ bandeja}}{1,23 \text{ kg}} = 61 \text{ bandejas}$$

4.7.5. DISEÑO DE BASTIDORES

Un bastidor es una estructura metálica que se la utiliza para colocar las bandejas de moldeado con la mezcla de materiales secos y edulcorantes-aglutinantes líquidos, en dos momentos particulares; el primero, durante el tiempo de espera en el horneado y el segundo, mientras se da el enfriamiento a temperatura ambiente.

Para establecer las características de los bastidores, se consideró las medidas de las bandejas: 0,66 m de largo, 0,46 m de ancho y 0,02 m de alto. En la Figura 4.11, se puede observar el diseño propuesto.

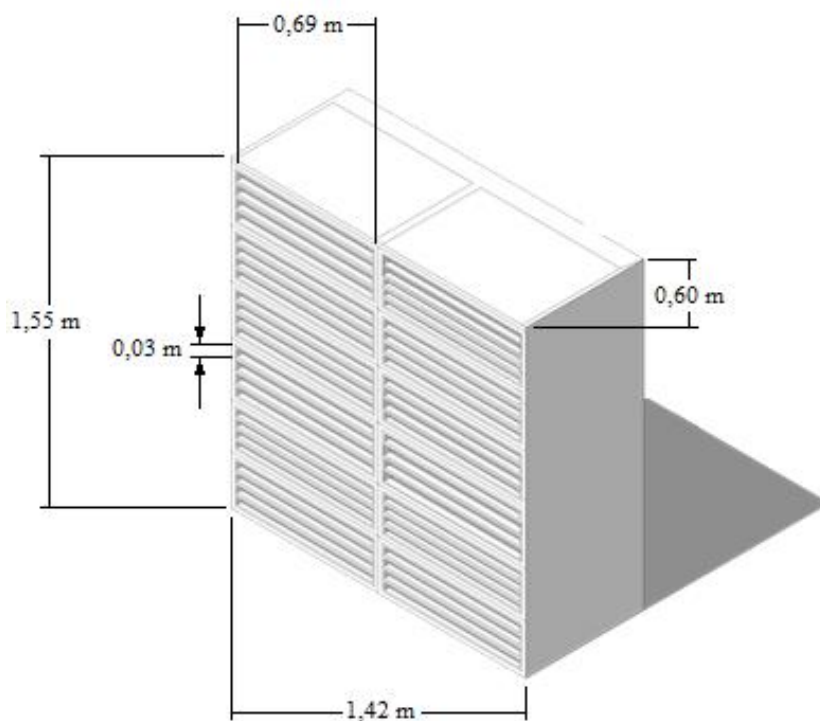


Figura 4.11. Vista isométrica del bastidor para bandejas

En cada bastidor se pueden colocar 48 bandejas; por lo tanto, se requerirán 2 bastidores, para ubicar todas las bandejas que se disponen.

4.7.6. DISEÑO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

Varios de los equipos seleccionados para la producción de barras energéticas funcionan con gas licuado de petróleo (GLP); es así que, resulta necesario contar con una estación de almacenamiento de GLP. Para diseñar el tanque horizontal de almacenamiento, se consideró la normativa ecuatoriana NTE 2260:2010 (Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos).

Para determinar las especificaciones técnicas que debe cumplir el tanque de almacenamiento de GLP, es necesario conocer el volumen anual que será almacenado, este se establece a partir de las siguientes consideraciones: la densidad del GLP a 15 °C y 1,2 atm es 559 kg/m³ (DIGENOR, 2002) y el consumo diario es 10,90 kg; el cálculo detallado del consumo de GLP se encuentra en el Anexo III. Así se obtiene que, el volumen de GLP necesario anual es de 4,68 m³; por lo tanto, el tanque de GLP está clasificado en el grupo A-0, cuyas características se indican en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10. Especificaciones técnicas para tanques de almacenamiento de GLP grupo A-0

Característica	Resultado
Volumen (m ³)	Desde 1 hasta 5
Dimensiones: largo y diámetro (m)	2 × 2
Distancia libre alrededor (m)	0,6
Distancia al cerramiento (m)	1,3
Distancia a los muros (m)	0,6
Distancia al lindero de la propiedad (m)	2
Distancia a la boca de carga del tanque cisterna (m)	3

(NTE INEN 2260, 2010, p. 37)

5. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA

El análisis económico permite determinar la rentabilidad del proyecto, con este fin, se realizó una investigación de la oferta nacional y regional de maquinaria que cumpla con los requerimientos descritos en capítulos anteriores. Se consultó localmente los costos de construcción, así como, el precio del producto en el mercado, los salarios percibidos por profesionales y obreros en el país. Los detalles del análisis económico se encuentran en el Anexo VI.

5.1. INVERSIONES

La inversión total comprende la adquisición de todos los activos fijos e intangibles necesarios para dar inicio a la operación de la planta. En la Tabla 5.1, se detalla los rubros considerados en la inversión inicial.

Tabla 5.1. Inversión total

Rubro	Valor (USD)	%
Inversión fija	273 535,31	82,59
Capital de operaciones	57 645,77	17,41
INVERSIÓN TOTAL	331 181,08	100,00
CAPITAL PROPIO	-	0,00
FINANCIAMIENTO	331 181,08	100,00

La inversión fija está conformada por la compra del terreno, construcción de áreas, maquinaria, equipos y otros activos como: equipos de oficina, laboratorio, entre otros. El resumen de estos rubros se muestra en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Inversión fija

Rubro	Valor (USD)	%
Activos fijos (Tabla AVI.1)	136 346,00	49,85
Maquinaria y equipo (Tabla AVI.2)	60 661,72	22,18
Otros activos (Tabla AVI.4)	63 502,10	23,22
SUMAN	260 509,82	95,24
Imprevistos de la inversión fija (5 %)	13 025,49	4,76
TOTAL	273 535,31	100,00

La maquinaria y equipos fueron cotizados en empresas tanto locales como internacionales, esta información se encuentra detallada en la Tabla AVI.3.

5.2. CAPITAL DE OPERACIÓN

Cuando una empresa arranca su actividad económica, es posible que transcurra algún tiempo antes de que empiece a recibir ingresos; por lo tanto, es necesario un capital de operación que sostenga la producción durante ese periodo inicial; para este caso, se considerará un periodo de 3 meses. El capital de operación se encuentra detallado en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Capital de operación

Rubro	Tiempo (meses)	Valor (USD)
Materiales Directos (Tabla AVI.6)	3	14 993,02
Mano de Obra Directa (Tabla AVI.7)	3	5 175,00
Carga Fabril*(Tabla AVI.8)	3	18 336,64
Gastos de venta (Tabla AVI.9)	3	6 609,75
Gastos administrativos* (Tabla AVI.10)	3	8 783,10
Stock de materias primas	3	3 748,26
TOTAL		57 645,77
* Sin depreciación ni amortización		

5.3. COSTOS DE PRODUCCIÓN

El costo de producción tiene relación con los gastos directos para elaborar el producto como: materia prima, mano de obra directa y la carga fabril. En la Tabla 5.4, se muestra la estructura del costo unitario de producción.

Tabla 5.4. Estructura del costo de producción

Rubro	Valor (USD)	%
Materiales directos (Tabla AVI.6)	59 972,08	35,20
Mano de obra directa (Tabla AVI.7)	20 700,00	12,15
Carga fabril (Tabla AVI.8)		
Mano de obra indirecta	37 950,00	22,27
Materiales indirectos	19 920,00	11,69
Depreciación	15 581,23	9,15
Suministros	836,46	0,49
Reparación y mantenimiento	7 265,50	4,26
Seguros	7 265,50	4,26
Imprevistos	888,19	0,52
TOTAL	170 378,95	100,00

El costo unitario es un valor que permite cubrir todos los gastos directos de producción, entre ellos, los gastos administrativos, de publicidad y venta. Este valor está en relación inversamente proporcional a la producción; es decir, mientras mayor sea el número de unidades producidas, menor será el costo unitario; por lo tanto, se incrementa el margen de utilidad por unidad. En la Tabla 5.5, se desglosa el costo unitario cuando se producen 480 000 unidades anuales.

Tabla 5.5. Estructura del costo unitario

Rubro	Valor (USD)	%
Costo de producción (Tabla 5.4)	170 378,95	68,65
Gastos de ventas (Tabla AVI.9)	1 259,00	0,51
Gastos administrativos y generales (Tabla AVI.10)	35 750,40	14,41
Gastos financieros (Tabla AVI.11)	40 791,70	16,44
TOTAL	248 180,05	100,00
Unidades producidas por año	480 000	
Costo unitario del producto	0,52	

5.4. PRECIO DE VENTA

Para establecer el precio de venta al público (PVP), en función de una oferta real, se realizó “Bench marking”, entre los meses de enero a marzo de 2017, en diferentes cadenas distribuidoras de productos de consumo masivo como: Fybeca, Tía y Supermaxi; se encontró tres marcas de barras energéticas con sus respectivos precios, esta información se muestra en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Precios de barras energéticas ofertadas en el mercado local

Marca	Peso (g)	Precio unitario (USD)	Precio por gramo (USD)
Barra cereal xtrapoder multigrain	30	0,80	0,027
Barra bolt pasas y coco	35	0,56	0,016
Barra energética giga quinua y banana	30	0,55	0,018

Con base a la relación precio/gramo, el precio promedio del gramo de producto es de 0,020 USD; por lo tanto, el PVP para la barra energética propuesta (35 g) sería de 0,70 USD; considerando que, en el mercado existen barras energéticas que tienen menor precio que los mencionados en la Tabla 5.6, se ha definido que el PVP de la barra energética sea de 0,65 USD.

5.5. FLUJO DE CAJA

El flujo de caja es el resumen de todas las entradas y salidas de dinero a lo largo de un período de tiempo, para el caso en análisis será de diez años. Se considerará un crecimiento anual del 10 % en producción y ventas; ya que, según Morales y Sánchez (2015), el 58,6 % de los ecuatorianos están dispuestos a consumir alimentos orgánicos en el corto plazo; adicionalmente, la capacidad instalada de la planta permitirá este incremento de producción, si se utilizan los equipos durante más tiempo por día y se contrata más mano de obra directa (p. 68). En la Tabla 5.7, se puede apreciar el resumen del flujo de caja proyectado para 10 años de operación.

Para calcular el aumento de los ingresos por ventas, de los costos directos y de la carga fabril, en el periodo de 10 años, se utilizó la fórmula presentada a continuación:

$$X_i = (\text{valor inicial} + (1 + \% \text{aumento de la producción})) * \text{índice de inflación}$$

[5.1]

Donde X_i representa el rubro a calcular y el índice de inflación se calcula como se indica en la Tabla 5.8.

Tabla 5.7. Flujo de caja proyectado a 10 años de operación

CONCEPTO	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aumento capacidad de producción		0,0%	10,0%	20,0%	30,0%	40,0%	50,0%	60,0%	70,0%	80,0%	90,0%
Unidades Producidas (35 g)		480 000	528 000	576 000	624 000	672 000	720 000	768 000	816 000	864 000	912 000
Inversión inicial (USD)	331 181,08										
Ingreso por ventas (USD)	-	312 000,00	352 588,97	395 165,23	439 807,15	486 595,86	535 615,43	586 952,89	640 698,38	696 945,24	755 790,10
Costos Directos (USD)	-	80 672,08	91 166,94	102 175,65	113 718,46	125 816,35	138 491,06	151 765,10	165 661,77	180 205,20	195 420,39
Carga Fabril (USD)	-	89 706,87	101 377,09	113 618,71	126 454,24	139 907,02	154 001,23	168 761,88	184 214,89	200 387,10	217 306,29
Gastos Ventas (USD)	-	26 439,00	27 162,30	27 905,38	28 668,79	29 453,09	30 258,84	31 086,63	31 937,08	32 810,78	33 708,39
Gastos Administrativos (USD)	-	35 750,40	36 728,43	37 733,21	38 765,49	39 826,00	40 915,53	42 034,86	43 184,81	44 366,22	45 579,96
Costos Totales (USD)	-	232 568,35	256 434,76	281 432,95	307 606,97	335 002,46	363 666,65	393 648,47	424 998,55	457 769,31	492 015,03
Utilidad marginal (USD)	-	79 431,65	96 154,21	113 732,29	132 200,18	151 593,40	171 948,77	193 304,42	215 699,83	239 175,93	263 775,07
Impuestos (USD)	-	-27 801,08	-33 653,97	-39 806,30	-46 270,06	-53 057,69	-60 182,07	-67 656,55	-75 494,94	-83 711,58	-92 321,27
Valor Rescate Infraestructura (USD)											29 754,67
Valor Rescate Equipos (USD)											5 604,59
Flujo neto efectivo (USD)	-331 181,08	51 630,57	62 500,24	73 925,99	85 930,11	98 535,71	111 766,70	125 647,87	140 204,89	155 464,35	195 603,87
Valor actual (USD)	-331 181,08	43 671,19	44 715,47	44 736,43	43 984,29	42 661,28	40 929,91	38 919,88	36 733,95	34 452,70	36 665,53

La actividad económica reporta ganancias desde el primer año de operación; al considerar que, el primer año se producirán 48 000 unidades de barras energéticas y en el año 10 se deberá alcanzar una producción de 912 000 barras energéticas.

Tabla 5.8. Índice de inflación promedio

Periodo	Tasa de inflación (%)
2014	3,2
2015	3,1
2016	2,8
Tasa de inflación esperada máxima 2017	2,7
Tasa de inflación esperada mínima 2017	2,3
Valor esperado promedio 2017	2,5
PROMEDIO	2,7

(Banco Central del Ecuador, 2017)

El índice de inflación se lo obtiene al realizar un promedio de la inflación anual de los 4 últimos años.

5.6. INDICADORES FINANCIEROS

En el análisis financiero se debe considerar todos los criterios de rentabilidad necesarios, tanto a corto como a mediano plazo (Casp, 2005, p. 220). A continuación, se detallan tres de los indicadores financieros más utilizados para determinar la rentabilidad del proyecto.

5.6.1. PUNTO DE EQUILIBRIO (PE)

Una vez establecido el costo unitario, se puede calcular el PE, es decir, conocer la cantidad mínima de unidades a producirse para que la actividad económica no genere pérdidas, ni utilidad.

Para obtener el PE, es necesario calcular los ingresos totales y los egresos totales. Los ingresos se determinan, multiplicando la producción, asumiendo su venta completa, por el precio fijado (0,65 USD). Los egresos totales se calculan al sumar los

costos fijos con los costos variables; para encontrar los costos variables se multiplican las unidades producidas por el costo unitario variable. Los datos necesarios para el cálculo de PE se pueden observar en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Matriz de costos totales versus ingresos

Unidades Producidas	Costos Fijos (USD)	Costos Variables (USD)	Costos Totales (USD)	Ingresos (USD)
0,00	158 983,47	0,00	181 740,78	0,00
4 000,00	158 983,47	953,14	159 936,61	2 600,00
120 000,00	158 983,47	28 594,14	187 577,61	78 000,00
236 000,00	158 983,47	56 235,15	215 218,62	153 400,00
352 000,00	158 983,47	83 876,16	242 859,63	228 800,00
468 000,00	158 983,47	111 517,16	270 500,63	304 200,00
480 000,00	158 983,47	114 376,58	273 360,05	312 000,00
528 000,00	158 983,47	125 814,24	284 797,70	343 200,00
576 000,00	158 983,47	137 251,89	296 235,36	374 400,00
624 000,00	158 983,47	148 689,55	307 673,02	405 600,00
672 000,00	158 983,47	160 127,21	319 110,68	436 800,00
720 000,00	158 983,47	171 564,87	330 548,34	468 000,00
768 000,00	158 983,47	183 002,52	341 985,99	499 200,00
816 000,00	158 983,47	194 440,18	353 423,65	530 400,00
864 000,00	158 983,47	205 877,84	364 861,31	561 600,00
912 000,00	158 983,47	217 315,50	376 298,97	592 800,00

Se conoce que:

$$PE = \frac{\text{Costos totales}}{\text{Precio de venta} - \text{Costos variable unitario}} \quad [5.2]$$

Al reemplazar valores se tiene que:

$$PE = 386\,149 \text{ unidades/año}$$

Adicionalmente, los datos de la Tabla 5.9 se grafican en un plano X-Y como se muestra en la Figura 5.1. El punto donde se cruzan los ingresos con los egresos totales es el PE.

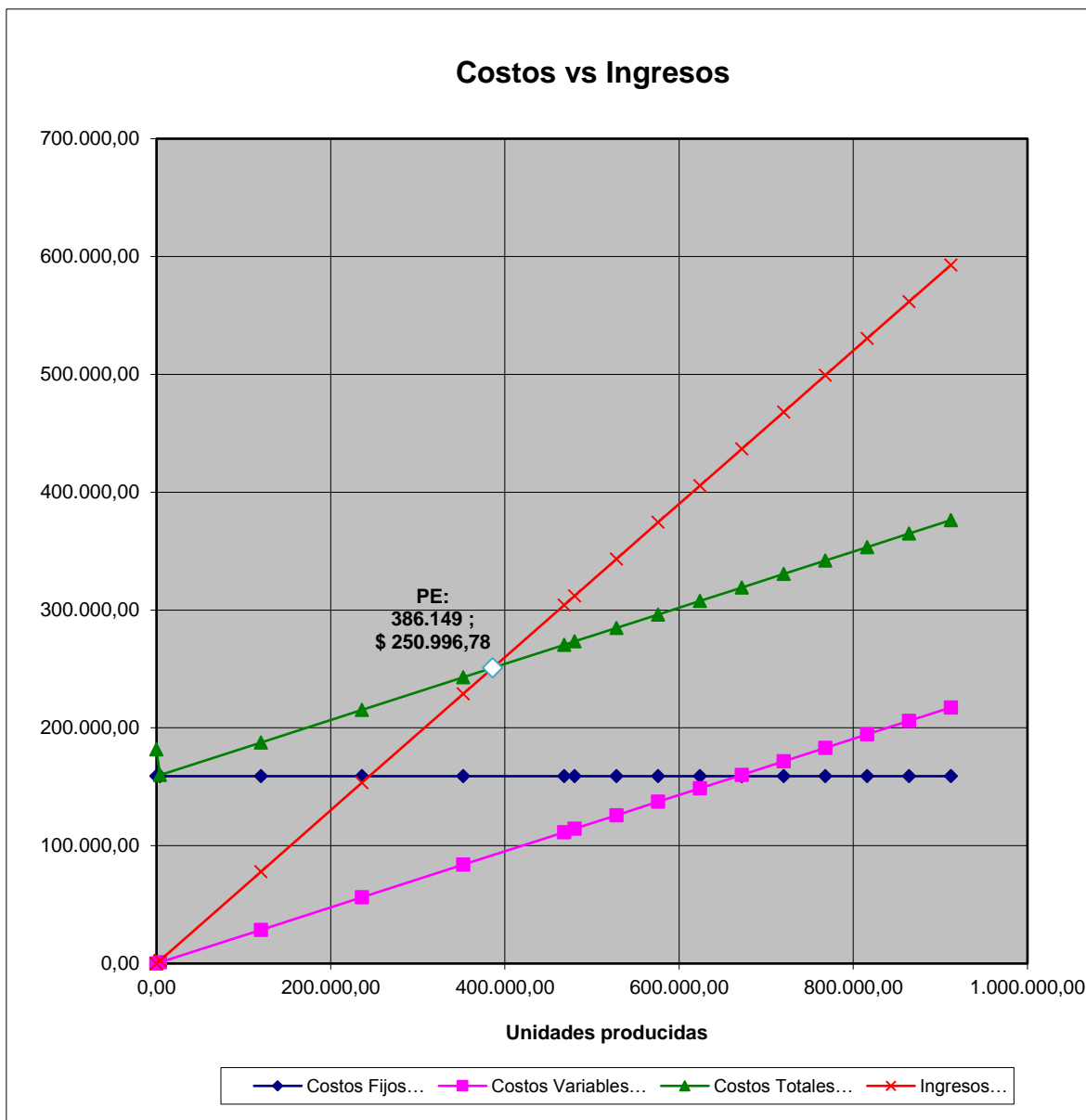


Figura 5.1. Determinación gráfica del punto de equilibrio (PE)

El PE resultó de 386 149 unidades; por lo tanto, se generará utilidad desde el primer año de operación; ya que, está planificado iniciar con una producción de 480 000 unidades de barras energéticas.

5.6.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La TIR es una tasa de rendimiento utilizada en el presupuesto de capital para medir y comparar la rentabilidad de las inversiones, en su cálculo no intervienen factores externos como tasa de interés o la inflación. La TIR del proyecto propuesto resultó ser de 23,13 %, porcentaje superior a la tasa de interés que ofrece la banca nacional; por lo tanto, la planta de producción de barras energéticas será rentable para los posibles inversionistas.

5.6.3. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Este indicador financiero refleja la cantidad de dinero adicional que se obtendría si se desarrollara el proyecto sobre la rentabilidad normal esperada por los inversionistas. Con los datos presentados en el flujo de caja, se tiene que el VAN es 76 289,54 USD; al ser un valor positivo, indica la viabilidad económica del proyecto.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- En Ecuador, la oferta, comercialización y consumo de barras energéticas, muestra un crecimiento sostenible, ya que, es un producto organolépticamente agradable, microbiológicamente seguro, nutricionalmente aceptable y económicamente accesible.
- La planta agroindustrial producirá, inicialmente, 70 kg de producto terminado o 2 000 unidades de barras energéticas por día, a partir de un total de 121,71 kg de materia prima por día; lo que significa, un rendimiento del 57,5 %.
- La capacidad instalada en la planta, permitirá sostener un crecimiento anual del 10 % en producción, durante al menos 10 años, si se incrementa el tiempo de uso de equipos por día y la mano de obra directa.
- Al realizar una evaluación técnica de los criterios de localización, entre 3 posibles opciones: Tulcán, Ibarra y Quito; se determinó que el lugar óptimo para la instalación de la planta agroindustrial es el cantón Ibarra de la provincia de Imbabura.
- La operación unitaria que presenta un “cuello de botella” es el expandido, ya que el equipo del cual se pudo obtener la información técnica, no abastece para una producción a escala industrial; razón por la cual, se optó por instalar 4 túneles expansores para incrementar la capacidad de producción y reducir el tiempo de procesamiento.
- El precio de venta para cada unidad de barra energética de 35 g fue establecido en 0,65 USD y el costo unitario es de 0,52 USD; por lo tanto, se tiene una utilidad unitaria del 25 %.
- El volumen de producción mínimo o punto de equilibrio (PE), quedó establecido en 386 149 unidades por año; la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) del proyecto resultaron de 23,13 % y 76 289,54 USD,

respectivamente; por lo tanto, la producción a escala industrial de la barra energética con la formulación propuesta, bajo los parámetros establecidos para la opción tecnológica seleccionada, es técnica y económicamente viable.

6.2. RECOMENDACIONES

- Elaborar un análisis de costo-beneficio entre la compra de materia prima acondicionada y la inversión en maquinarias para el pretratamiento de las materias primas dentro de planta, permitiría identificar la opción económicamente más rentable para la instalación e implementación de una planta agroindustrial productora de barras energéticas.
- Realizar un análisis de mercado profundo, permitiría determinar la demanda nacional e internacional insatisfecha y establecer las posibilidades reales de crecimiento que tiene una planta productora de barras energéticas.
- Establecer acuerdos comerciales con los productores bajo la figura “ganar-ganar”, permitiría la adquisición de materias primas con mayor grado de calidad; logrando así, reducir pérdidas, mejorar la eficiencia y la productividad de la planta agroindustrial.
- Investigar sobre la existencia de equipos expansores de mayor capacidad, o plantear el diseño de un cañón expansor, que se adapte a las condiciones de producción industriales, permitiría optimizar el proceso de expansión de la quinua.
- Reemplazar la tostadora de cereales por una canguilera industrial, podría ser una alternativa para mejorar el rendimiento del proceso de obtención de amaranto “pop” o reventado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agronegocios. (2011). *Un mercado que se nutre con innovación de sus barras*. Recuperado de http://agronegociosecuador.ning.com/notes/Un_mercado_que_se_nutre_con_innovaci%C3%B3n_de_su_barras (Mayo, 2016).
2. Andino, F. y Castillo, Y. (2010). *Un enfoque práctico para la inocuidad alimentaria*. Recuperado de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/documento-microbiologia.pdf> (Agosto, 2016).
3. Andrade, D. y Flores, M. (2008). *Consumo de productos orgánicos / agroecológicos en los hogares ecuatorianos*. Quito, Ecuador: El Chasqui Ediciones.
4. Aqua-Calc. (2017). *Density of cooked amaranth*. Recuperado de <http://www.aqua-calc.com/page/density-table/substance/amaranth-blank-grain-coma-and-blank-cooked> (Febrero, 2017).
5. ARCONEL. (2016). *Pliego tarifario para las empresas eléctricas*. Recuperado de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-2016-01-02-2016.pdf> (Febrero, 2017).
6. Balaguera, H., Ramírez, L. y Herrera, A. (2014). Fisiología y bioquímica del fruto de uchuva (*Physalis peruviana L*) durante la maduración poscosecha. *Uchuva: fruta andina para el mundo* [Versión Adobe Digital editions], (pp. 113–125). Recuperado de <http://www.cytcd.org/es/node/4691> (Enero, 2016).
7. Banco Central del Ecuador (BCE) (2016). *Reporte trimestral de mercado laboral urbano*. Recuperado de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorReal/Previsiones/IndCoyuntura/Empleo/imle201603.pdf>. (Febrero, 2017)
8. Banco Central del Ecuador (BCE). (2014). *Importaciones de jarabe de glucosa*. Recuperado de <http://www.portal.bce.fin.ec> (Agosto, 2015).
9. Banco Central del Ecuador (BCE). (2017). *Índice de inflación*. Recuperado de <http://www.portal.bce.fin.ec> (Abril, 2017).

10. Becerra, R. (2000). El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. *Biodiversitas*, 30, 1–6.
11. Bellisle, F. (2005). *Los factores determinantes de la elección de alimentos*. Recuperado de <http://www.eufic.org/article/es/page/RARCHIVE/expid/review-food-choice/> (Abril, 2016).
12. Brennan, J., Butters, J., Cowell, N. y Lilley, A. (1998). *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. (3era. Ed.). Zaragoza, España: Editorial Acribia.
13. Camari. (2017). *Catálogo de productos*. Recuperado de <http://www.camari.org/index.php/catalogo/alimentos/cereales/barras-energeticas-con-amaranto-mikuna-detail> (Febrero, 2017)
14. Carrión, D. y Herrera, S. (2012). *Ecuador rural del siglo XXI. Soberanía alimentaria, inversión pública y política agraria*. Quito: Ediciones la Tierra.
15. Casp, A. (2005). *Diseño de industria agroalimentarias*. Madrid: Mundi-Prensa.
16. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). (2013). *Caña de azúcar: Cultivo para la sostenibilidad*. Recuperado de <http://cincae.org/cana-de-azucar-cultivo-para-la-sostenibilidad/> (Septiembre, 2016).
17. Cervilla, N., Mufari, J., Calandri, E. y Guzmán, C. (2012) *Propiedades físicas de semillas de Chenopodium quinoa Willd cosechadas en distintos años y provenientes de la provincia de Salta*. Recuperado de <http://frre.utn.edu.ar/IIJCyT/clean/files/get/item/2209> (Febrero, 2017).
18. Chávez, J. y Miranda, B. (2008). *Elaboración de una barra energética y alimenticia a base de quinua y amaranto como alternativa económica para una microempresa agroindustrial del cantón Riobamba provincia del Chimborazo*. (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial no publicado). Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.
19. Chen, J. (1991). *Manual del azúcar de caña*. (1era. ed.). México: Editorial Limusa

20. Climate-Data. (2015). *Clima:Ibarra*. Recuperado de <https://es.climate-data.org/location/2964/> (Febrero, 2017).
21. Cortabarría, I. (2013). *Localización de plantas industriales*. Recuperado de <http://induslocaplan.blogspot.com/2013/09/importancia-y-ventajas-de-un-a-buena.html> (Febrero, 2015).
22. Cueva, P. (2012). *Diseño de una planta agroindustrial procesadora de alimentos extruidos tipo snack, a partir de soya (Glycine max L) y amaranto (Amaranthus sp) en la provincia de Pichincha*. (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos no publicado). Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.
23. D'Antonino, L., Texeira, M., Marques, J., Ribeiro, A. y Pereira, F. (1993). *Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S00.htm#Contents> (Marzo, 2016).
24. De la Paz, V. y Coello, K. (2012). *Elaboración de barras energéticas para escolares a partir de subproductos industriales de soya y maíz*. (Artículo de graduación de ingeniería no publicado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
25. Delatorre, J., Sánchez, M., Delfino, I. y Oliva, M. (2013). La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), un tesoro andino para el mundo. *IDESIA*, 31(2), 111–114.
26. DIGENOR. (2002). *Especificaciones de GLP en República Dominicana*. Recuperado de http://www.oni.escuelas.edu.ar/2002/santa_fe/combustibles/INFORMACION%20TECNICA%20SOBRE%20EL%20GAS%20LICUADO%20DE%20PETROLEO.htm (Marzo, 2017).
27. Earle, R. (1988). *Ingeniería de los alimentos*. (2da. ed.). Zaragoza, España: Editorial Acribia.
28. Ecuador Inmediato. (2007). *Lanzan Proyecto Randimpak en beneficio de 15 mil mujeres indígenas de Ecuador*. Recuperado de http://ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=52529&umt=lanzan_proyecto_randimpak_en_beneficio_15_mil_mujeres_indigenas_ecuador (Febrero, 2017).

29. Egas, L., Villacrés, E., Salazar, D., Peralta, E. y Ruilova, M. (2010). Elaboración de un Cereal para Desayuno con Base a Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) Expandida. *Revista Tecnológica ESPOL–RTE*, 23(2), 9–15. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1498> (Febrero, 2016).
30. El Comercio. (2012). *Cotacachi rescata cultivo de amaranto*. Recuperado de <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/cotacachi-rescata-cultivo-del-amaranto.html> (Marzo, 2017)
31. El Telégrafo. (2016). *El ecuatoriano consume apenas media libra de quinua al año*. Recuperado de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/septimodia/51/el-ecuatoriano-consume-apenas-media-libra-de-quinua-al-ano> (Marzo, 2017)
32. Escobar, B., Estévez, A., Vásquez, M., Castillo, E. y Yañez, E. (1994). Barras de cereales maní y amaranto dilatado: composición química y estabilidad en almacenamiento acelerado. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 44(1), 36–40. Recuperado de <http://www.worldcat.org/title/barras-de-cereales-mani-y-amaranto-dilatado-composicion-quimica-y-estabilidad-en-almacenamiento-acelerado/oclc/69894773> (Junio, 2016).
33. Escobar, B; Estévez, A. y Guinez, M. (2000). Almacenamiento de barras de cereales elaboradas con cotiledones de algarrobo (*Prosopis chilensis (Mol) Stuntz*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(2), 152–156.
34. Fernández, T. y Fariño, M. (2011). *Elaboración de una barra alimenticia rica en macronutrientes para reemplazar a la comida chatarra*. (Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico no publicado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
35. Fischer, G., Almanza, P. y Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 1–15. doi: 10.1590/10100-2495-441/13
36. Fischer, G., Miranda, D., Piedrahita, W. y Romero, J. (2005). *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia* [Versión Adobe Digital editions]. Recuperado de

- https://www.researchgate.net/publication/258052317_Avances_en_cultivo_poscosecha_y_exportacion_de_la_uchuva_Physalis_peruviana_L_en_Colombia (Diciembre, 2015).
37. García, M^a. C., Peña, A. y Brito, B. (2014). *Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo poscosecha de la uchuva (Physalis peruviana L).* Uchuva: fruta andina para el mundo [Versión Adobe Digital editions]. Recuperado de <http://www.cytcd.org/es/node/4691> (Enero, 2016).
 38. Gilces, P. y Veloz, P. (2006). *Estudio del uso de los nutrientes para levadura en fermentación con el propósito de mejorar la producción de alcohol etílico.* (Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Químico). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
 39. Göcken, Y., Nazmi, I., Halil, Ü. y Vildan, U. (2014). Physical and chemical characteristics of Goldenberry fruit (*Physalis peruviana L.*). *Food Sci Technol* 52(4): 2320-2327. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4375240/> (Febrero, 2017).
 40. Herrera, S. y Montenegro, A. (2012). Amaranto: prodigioso alimento para la longevidad y la vida. *Kalpana*, 8, 50–66. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4095256> (Febrero, 2016).
 41. Horton, D. (2014). *Investigación colaborativa de granos andinos en Ecuador.* Recuperado de http://condesan.org/mtnforum/sites/default/files/publication/files/granos_andinos_ecuador.pdf (Agosto, 2017).
 42. Ibarz, A. y Barbosa, G. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos.* Madrid, España: Mundi-Prensa.
 43. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (Pro Ecuador). (2013). *Boletín Mensual de Comercio Exterior.* Recuperado de http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/07/PROECUADOR_IC_03-31.pdf (Abril, 2016).
 44. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (Pro Ecuador). (2014). *Análisis sectorial frutas exóticas 2014.* Recuperado de <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/perfil-de-frutas-exoticas-2014/> (Abril, 2016).

45. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (Pro Ecuador). (2015). *Análisis sectorial quinua 2015*. Recuperado de <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/perfil-de-quinua-2015/> (Abril, 2016).
46. Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC). (2010). *Fascículo Nacional de resultados del censo 2010*. Recuperado de http://www.inec.gob.ec/cpv/descargables/fasciculo_nacional_final.pdf (Febrero, 2017)
47. Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC). (2017). *Contador poblacional*. Recuperado de www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/ (Mayo, 2017).
48. Iñarritu, M. y Vega, L. (2001). Las barras de cereales como alimento funcional en los niños. *Revista Mexicana de Pediatría*, 68(1), 8–12.
49. Jacobsen, S., Mujica, A. y Ortiz, R. (2003). La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13(36), 14–24. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70503603> (Enero, 2016).
50. Kawsay. (2017). *Contactos*. Recuperado de <http://www.kawsay-ancestral.com/> (Febrero, 2017)
51. Kreith, F., Manglik, R. y Bohn, M. (2012). *Principios de transferencia de calor*. (7ma. ed.). México: Cengage Learning Editores.
52. La Hora (2011). *La uvilla se ubica en el Mercado internacional*. Recuperado de <https://www.lahora.com.ec/noticia/1101167341/la-uvilla-se-acomoda-en-el-mercado-internacional> (Octubre, 2016).
53. Lascano, A. (2013). *Aprovechamiento de los residuos industriales de uvilla (Physalis peruviana) para la elaboración de barras energéticas en la asociación artesanal Tierra Productiva*. (Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Magíster en Producción Más Limpia no publicado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
54. Maroulis, Z. y Saravacos, G. (2003). *Food process design*. New York: Marcel Dekker.

55. Marroquín, C. (2012). *Formulación y aceptabilidad de barras de amaranto para población escolar*. (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Nutricionista no publicado). Universidad Rafael Landívar, Quetzaltenango, Guatemala.
56. Mejía, A. (2003). *Evaluación del tiempo de vida útil y estabilidad de las propiedades de calidad de grano reventado de amaranto y sus dos productos*. (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial no publicado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
57. Mercadolibre. (2017). *Terreno sector industrial Tulcán*. Recuperado de <http://inmuebles.mercadolibre.com.ec/inmueble-terrenos/venta/chimborazo/riobamba/terrenos-de-venta-en-tulcan> (Febrero, 2017)
58. Meyhuay, M. (1997). *Quinoa: Operaciones de Poscosecha*. Recuperado de <http://www.fao.org/documents/card/es/c/7b9583bf-ee74-5055-9753-24ef9a6575a2/> (Marzo, 2016).
59. Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad. (2016) *Gobierno anuncia medidas concretas para la reactivación productiva del Carchi*. Recuperado de <http://www.produccion.gob.ec> (Febrero, 2017).
60. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2012). *Informe de normativa comercial del amaranto*. Recuperado de <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/pdfs/comercializacion/amaranto.pdf> (Abril, 2016).
61. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2016). *2017, año clave para Ecuador en exportación de quinua*. Recuperado de <http://www.agricultura.gob.ec/2017-ano-clave-para-ecuador-en-exportacion-de-quinua/> (Marzo, 2016).
62. Mitulacasas. (2017). *Terreno industrial Ibarra*. Recuperado de <https://casas.mitula.ec/casas/terrenos-parque-industrial-ibarra> (Febrero, 2017)
63. Morales, G. y Sánchez, J. (2015). *Plan estratégico de marketing y CRM para la producción de un cereal orgánico a base de quinua inflada para la*

- empresa Kellog's Ecuador.* (Proyecto final previo a la obtención del título de Máster en dirección de marketing, CRM y la web 2.0 no publicado). Innovation & Entrepreneurship Business School, Madrid, España.
64. Mujica, A., Berti, M. e Izquierdo, J. (1997). *El cultivo del amaranto (Amaranthus spp.): producción, mejoramiento genético y utilización.* Recuperado de <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/home1.htm> (Diciembre, 2015).
 65. Muñoz, F., Gaytán, G., Lugo, M., Martínez, J. y Flores, E. (2005). Fabricación de una máquina para reventar granos de amaranto. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(4), 1–8.
 66. Naranjo, W. (2008). *Caracterización reológica y térmica de miel de dos variedades de caña.* (Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero en alimentos no publicado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
 67. Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo.* (12ma ed.). USA: McGrawHill.
 68. NMX F 005. (1983). *Norma Mexicana NMX-F-005-1983. Alimentos. Glucosa de maíz.* Recuperado de <https://www.colpos.mx/bancodenormas/mexicanas/NMX-F-005-1983.PDF> (Abril, 2017).
 69. Novacero. (2017). *Especificaciones técnicas de las tuberías con cédula 20 y 40.* Recuperado de <http://www.novacero.com/catalogo-productos/tuberia-para-conduccion-de-fluidos/cedula-20-40-80.html#especificaciones-tecnicas> (Marzo, 2017).
 70. NTE INEN 0261. (1980). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0261:1980 Melazas. Requisitos.* Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0261.1980.pdf>. (Enero, 2016).
 71. NTE INEN 0263. (1980). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0263:1980 Melazas. Muestreo.* Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0263.1980.pdf>. (Marzo, 2016).

72. NTE INEN 1233. (1995). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1233:1995 Granos y cereales. Muestreo*. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1233.1995.pdf>. (Mayo, 2016).
73. NTE INEN 1673. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1673:2013 Quinoa. Requisitos*. Recuperado de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/1673-1R.pdf> (Enero, 2016).
74. NTE INEN 1750. (1994). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1750:1994 Hortalizas y frutas frescas. Muestreo*. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1750.1994.pdf>. (Marzo, 2016).
75. NTE INEN 2217. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2217:2012 Productos de confitería. Caramelos, pastillas, grageas, gomitas y turrone. Requisitos*. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2217.2012.pdf>. (Mayo, 2016).
76. NTE INEN 2260. (2010). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE 2260:2010 Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos*. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2260.2010.pdf>. (Marzo, 2017).
77. NTE INEN 2485. (2009). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2485:2009 Frutas frescas. Uvilla. Requisitos*. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2485.2009.pdf>. (Enero, 2016).
78. NTE INEN 2595. (2011). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2595:2011 Granolas. Requisitos*. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2595.2011.pdf>. (Enero, 2016).
79. NTE INEN 2646. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2646:2012 Granos y cereales. Grano de amaranto. Requisitos e inspección*. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2646.2012.pdf>. (Enero, 2016).
80. NTE INEN 2996. (2015). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2996:2015 Productos deshidratados. Zanahoria, zapallo, uvilla. Requisitos*. Recuperado de http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/02/nte_inen_2996.pdf. (Enero, 2016).

81. Olivera, M., Ferreyra, V., Giacomino, S., Curia, A., Pellegrino, N., Fournier, M. y Apro, N. (2012). Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(3), 18–25. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071775182012000300003&script=sci_arttext (Marzo, 2016).
82. Olivera, M., Giacomino, S., Pellegrino, N. y Sambucetti, M. (2009). Composición y perfil nutricional de barras de cereales comerciales. *Actualización en Nutrición*, 10(4), 275–284.
83. OLX. (2017). *Terreno industrial Quito*. Recuperado de <https://quito.olx.com.ec/q/terreno-industrial-quito/c-410> (Febrero, 2017).
84. Organización Internacional del Azúcar. (2012). *Edulcorantes alternativos en un contexto de altos precios del azúcar*. Recuperado de [http://www.isosugar.org/Members%20documents/2012/MECAS\(12\)04%20-%20Alternative%20Sweeteners%20in%20a%20Higher%20Sugar%20Price%20Environment%20-%20Spanish.pdf](http://www.isosugar.org/Members%20documents/2012/MECAS(12)04%20-%20Alternative%20Sweeteners%20in%20a%20Higher%20Sugar%20Price%20Environment%20-%20Spanish.pdf). (Agosto, 2016).
85. Ortega, G. (2013). *La quinua, el grano de oro ecuatoriano*. Recuperado de www.americaeconomia.com/negocios-industrias/la-quinua-el-grano-de-oro-ecuatoriano (Mayo, 2017).
86. Páez, M. (2013). *Manual para el estudiante de diseño de plantas industriales*. Quito, Ecuador.
87. Peralta, E. (2009). *La quinua en Ecuador. "Estado del Arte"*. Recuperado de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/ESTADO%20DEL%20ARTE%20QUINUA%202.pdf> (Enero, 2016).
88. Peralta, E. (2012). *El amaranto en Ecuador "Estado del Arte"*. Recuperado de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/ESTADO%20DEL%20ARTE%20DEL%20AMARANTO%20EN%20ECUADOR.pdf> (Marzo, 2016).
89. Peralta, E. y Mazón, N. (2014). La quinua en Ecuador. En Brazile, D., Bertero, D. y Nieto, C. (Ed.). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013* (pp. 462–476). Santiago, Chile: FAO.

90. Peralta, E., Villacrés, E., Mazón, N., Rivera, M. y Subía, C. (2008). *El ataco, sangorache o amaranto negro (Amaranthus hybridus L.) en Ecuador*. Publicación miscelánea No. 143 Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 63 p.
91. Pérez, M. y Sosa, M. (2013). Mecanismos de transferencia de calor que ocurren en tratamientos térmicos de alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(1), 37–47.
92. Perry, R., Green, D. y Maloney, J. (1997). *Manual del ingeniero químico de Perry*. (7ma. ed.). Nueva York, USA: McGraw-Hill
93. Pilamunga, C., Juntamay, E. y Lucero, O. (2011). Evaluación nutricional de la uvilla (*Physalis peruviana L.*) deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas. *Perfiles. Revista científica, técnica e informativa de la Facultad de Ciencias. ESPOCH*, 8, 44–49. Recuperado de <http://www.esPOCH.edu.ec/Descargas/facultadpub/RP.pdf> (Diciembre, 2015).
94. Pinto, M. (2016). *El amaranto y el clima en Ecuador*. Recuperado de <http://www.revistaelagro.com/?s=amaranto&x=57&y=17> (Septiembre, 2016).
95. Quezada, W. (2007a). *Determinación de parámetros óptimos para la producción de miel hidrolizada, panela soluble y azúcar*. Recuperado de repositorio. utn.edu.ec/bitstream/123456789/935/1/Miel,%20panela%20azúcar.pdf (Junio, 2016).
96. Quezada, W. (2007b). *Guía técnica de agroindustria panelera*. Recuperado de repositorio. utn.edu.ec/.../Guía%20Técnica%20de%20Agroindustria%20Panelera.pdf (Junio, 2016).
97. Quiminet. (2016). *La glucosa líquida o jarabe de glucosa en la industria alimenticia*. Recuperado de <http://www.quiminet.com/articulos/la-glucosa-liquida-o-jarabe-de-glucosa-en-la-industria-alimenticia-2601052.htm> (Abril, 2016)
98. Quiroga, C., Escalera, R., Aroni, G., Bonifacio, A., González, J., Villca, M., Saravia, R. y Ruiz, A. (2014). Procesos tradicionales e innovaciones

- tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. En Brazile, D., Bertero, D., y Nieto, C. (Ed.). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013* (pp. 258–296). Santiago, Chile: FAO.
99. Ramos, M. (2011). *Elaboración de una barra energética con aporte proteico de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y amaranto (*Amaranthus spp*), para un grupo de deportistas de aventura de la ciudad de Riobamba*. (Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial no publicado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
 100. Revista Líderes. (2012). *La melaza endulza a los ganaderos y agricultores*. Recuperado de <http://www.revistalideres.ec/lideres/melaza-endulza-ganaderos-agricultores.html> (Septiembre, 2016).
 101. Rodríguez, F., Aguado, J., Calles, J., Cañizares, P., López, B; Santos, A. y Serrano, D. (2002). *Ingeniería de la industria alimentaria: Operaciones de procesado de alimentos*. Madrid, España: Síntesis.
 102. Rojas, W., Soto, J., Pinto, M., Jäger, M, y Padulosi, S. (2010). *Granos andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Roma, Italia: Bioversity International.
 103. Romero V., Tirado A. y Dávalos J. (2015) Determinación experimental mediante DSC de las estabilidades térmicas y las capacidades caloríficas: quinua, kiwicha y cañihua. *Revista Cátedra Villarreal*, 3(1), 47-52. Recuperado de <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2016/09/83-245-1-PB.pdf> (Febrero, 2017).
 104. Sánchez, A., Puentes, G. y Botía, Y. (2014). *Alternativas de procesamiento de uchuva (*Physalis peruviana L.*) para el aprovechamiento de frutos no aptos para la comercialización en fresco*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5344966> (Mayo, 2017).
 105. Sánchez, M. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. (1era. ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.
 106. Schellart, W. (2011). Rheology and density of glucose syrup and honey: Determining their suitability for usage in analogue and fluid dynamic

- models of geological processes. *Journal of structural geology*. 33(2), 1045 – 1138.
107. Sugartech. (2017). *The sugar engineers*. Recuperado de <http://www.sugartech.co.za/heatcapacity/index.php> (Febrero, 2017).
 108. Sumpsi, M. (2010). *Los retos de la agricultura para alimentar al mundo en 2050*. Recuperado de <http://www.iesa.csic.es/eventos/> (Septiembre, 2013).
 109. Sydney Postharvest Laboratory & Food Science Australia (2001). *Optimal fresh report: Amaranth*. Recuperado de <http://www.postharvest.com.au/amaranth.pdf> (Febrero, 2017)
 110. Uzca, E. (2008). *Diseño del proceso para la industrialización de uvilla (Physalis peruviana L.)*. (Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniera de Alimentos no publicado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
 111. Villacrés, E. (2013). *Utilización de materias primas alternativas en el desarrollo y evaluación de productos para el desayuno escolar*. Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. 84 p.
 112. Villacrés, E., Egas, L., Mazón, N. y Peralta, E. (2011). *Potencial agroindustrial de la quinua*. Boletín Técnico N° 146. Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. 32 p.
 113. Villacrés, E., Salazar, D., Peralta, E. y Ruilova, M. (2009). *Tecnología de un cereal instantáneo a base de quinua (Chenopodium quinoa Willd) expandida*. Recuperado de <http://es.slideshare.net/rubenramiro miranda/tecnologia-de-elaboracin-de-un-cereal-instantaneo-a-base-de-quinua-villacres-e-rm> (Mayo, 2016).
 114. Yacila, L. y Barraza, G. (2014). Efecto de la proporción de *Chenopodium quinoa* (quinua), *Amaranthus caudatus* (kiwicha) y *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) en la aceptabilidad general y el análisis proximal de una barra energética. *Cientif-k*, 2(2), 56–70. Recuperado de <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/CIENTIFI-K/article/download/509/381> (Junio, 2016).

115. Zenteno, S. (2014). Barras de cereales energéticas y enriquecidas con otras fuentes vegetales. *Revista de Investigación Universitaria*, 3(2), 58–66.

ANEXOS

ANEXO I

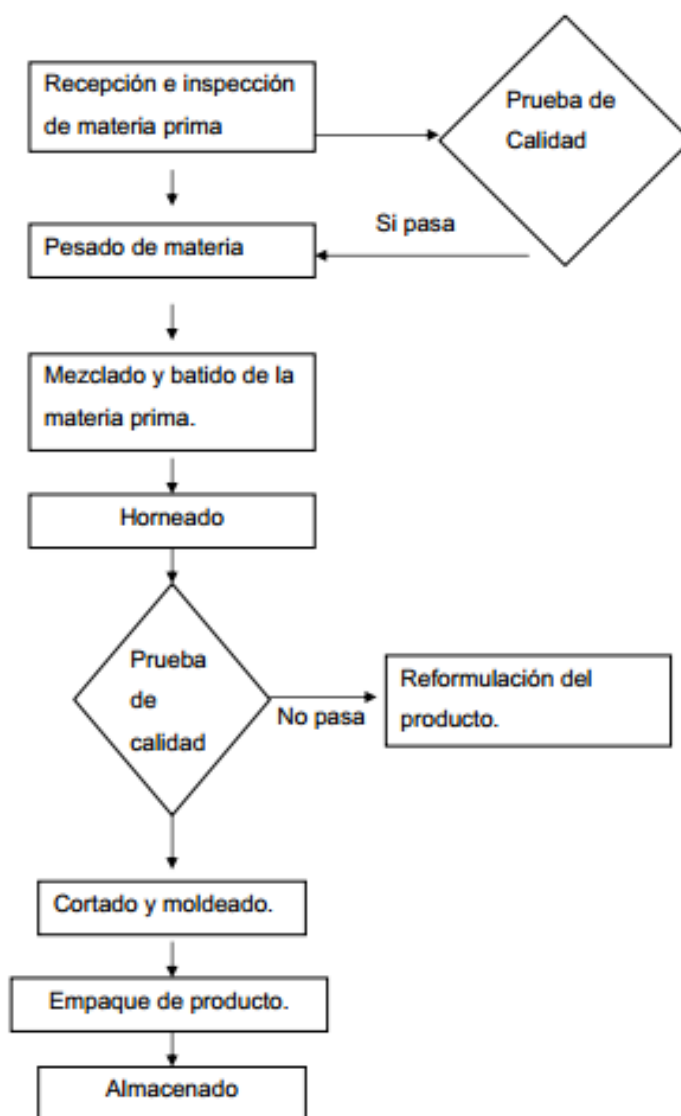
OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA LA ELABORACIÓN DE BARRAS
ENERGÉTICAS

Figura AI.1 Opción tecnológica para la elaboración de barras energéticas con base a quinua y amaranto
(Chávez y Miranda, 2008, p. 37)

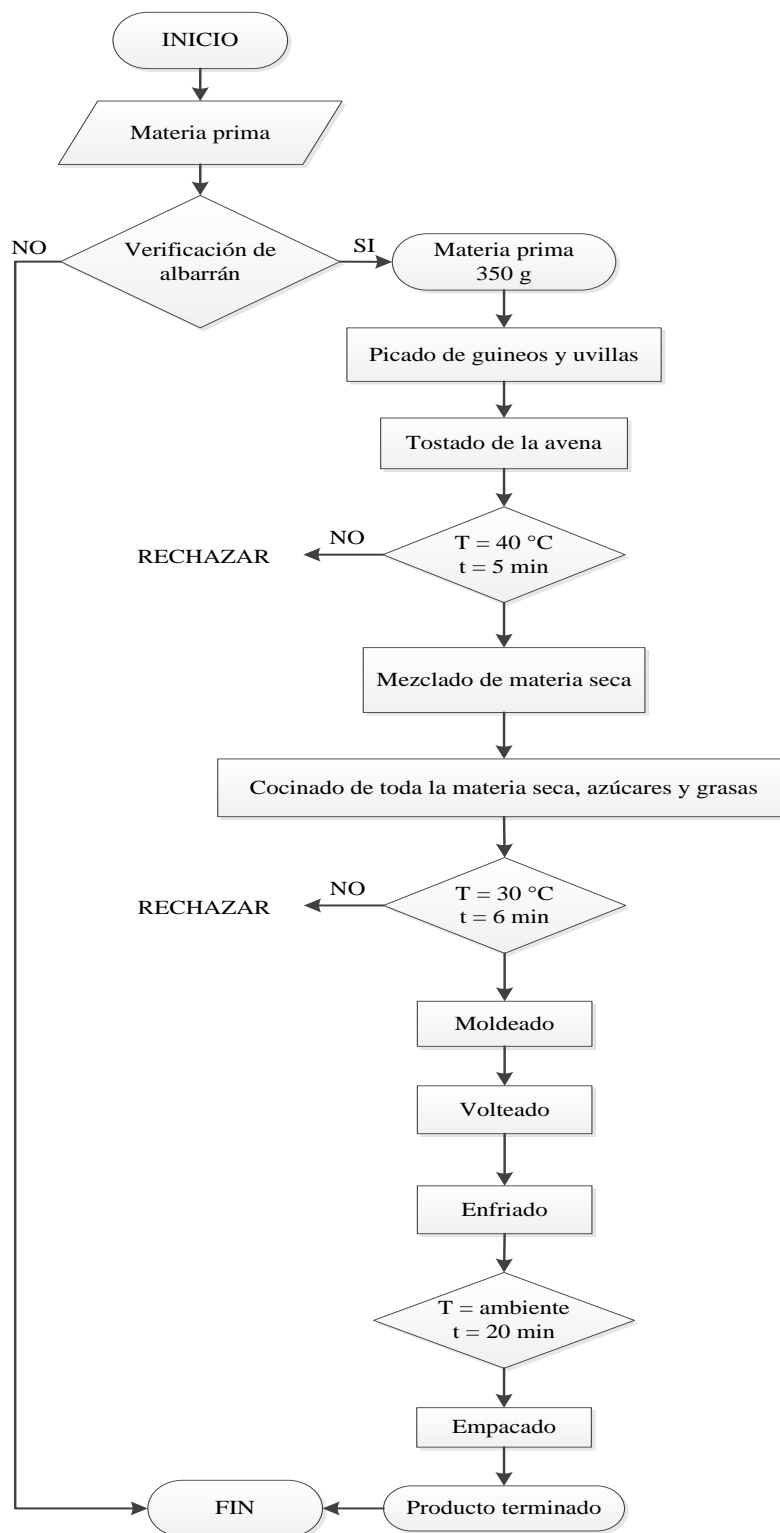


Figura AI.2 Opción tecnológica para la elaboración de barras energéticas para deportistas de aventura
(Ramos, 2011, p. 62)

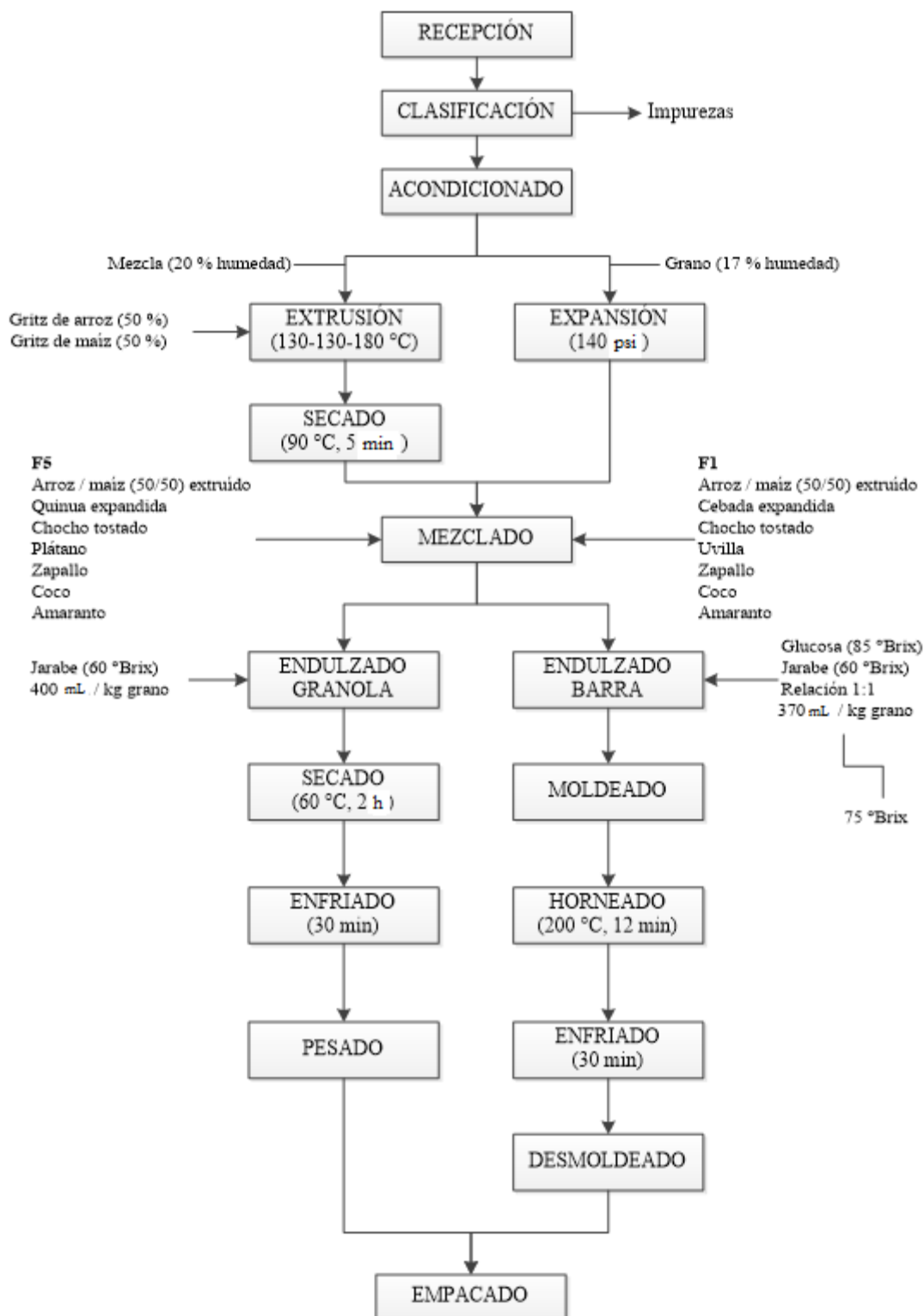


Figura AI.3 Opción tecnológica para la elaboración de granola y barras de cereal para el desayuno escolar (Villacrés, 2013, p. 10)

ANEXO II

BALANCE DE MASA

Se consideró como punto de partida la producción mensual de 40 000 unidades de barras energéticas de 35 g cada una, y se realizó el balance de masa en dirección contraria al flujo del proceso, es decir, se inicia en el proceso de envasado y se llegará al cálculo de la cantidad de materia prima necesaria.

- **ENVASADO**

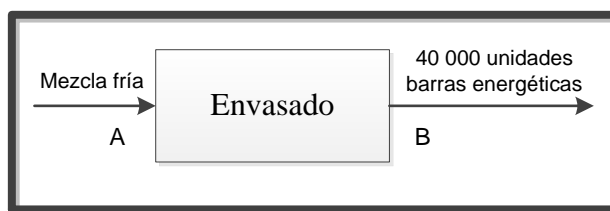


Figura AII.1. Corrientes involucradas en el proceso de envasado

Con base a la Figura AII.1, el cálculo del balance de masa es el siguiente:

Entra = Sale

$A = B$

$$B = 40\,000 \text{ unidades} * \frac{35 \text{ g}}{1 \text{ unidad}} = 1\,400 \text{ kg de producto} = A$$

[AII.1]

- **ENFRIADO**



Figura AII.2. Corrientes involucradas en el proceso de enfriado

De acuerdo con la Figura A1.2, la ecuación del balance de masa sería la siguiente:

Entra = Sale

$A = B = 1400 \text{ kg de producto}$

[AII.2]

- **HORNEADO, MOLDEADO Y MEZCLADO**

Para determinar el balance de masa en el proceso del horneado, es necesario calcular la humedad de la mezcla, a partir de la humedad de cada uno de sus componentes.

Considerando la Figura AII.3, las ecuaciones del balance de masa son las siguientes:

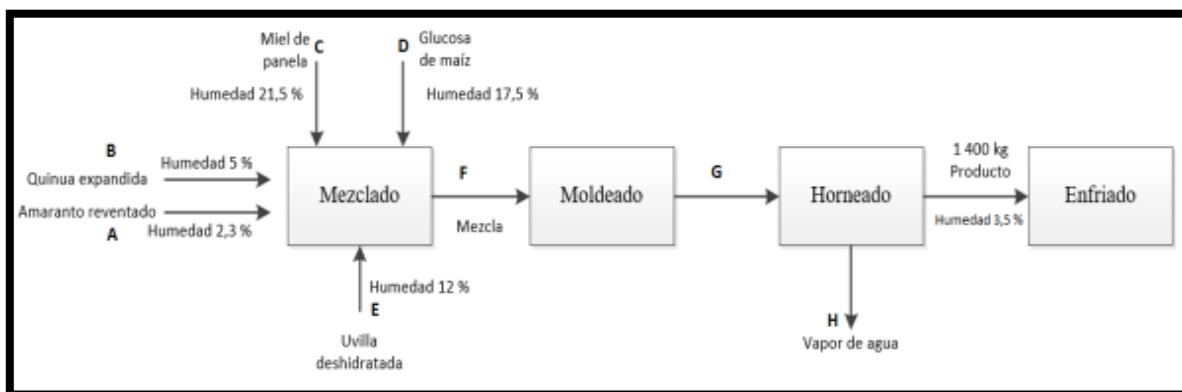


Figura AII.3. Corrientes consideradas para el balance de masa en el proceso de horneado

Entra = Sale

Balance de base seca:

- Horneado:

$$G = H + 1400 \quad [\text{All.3}]$$

- Moldeado:

$$F = G \quad [\text{All.4}]$$

- Mezclado:

$$A + B + C + D + E = F \quad [\text{All.5}]$$

Al reemplazar las Ecuaciones All.3 y All.4 en la Ecuación All.5, se tiene:

$$A + B + C + D + E = H + 1400 \quad [\text{All.6}]$$

Balance de agua:

- Mezclado:

$$0,023 * A + 0,05 * B + 0,215 * C + 0,175 * D + 0,12 * E = \%Humedad * F \quad [\text{All.7}]$$

- Horneado:

$$\%Humedad * G = H + 0,035 * 1400 \quad [\text{All.8}]$$

Al reemplazar las Ecuaciones All.3 y All.4 en la Ecuación All.8, se tiene:

$$\%Humedad * F = F - 1400 + (0,035 * 1400) \quad [\text{All.9}]$$

Se conoce que, la composición de la barra energética es: 14 % de amaranto reventado, 50 % de quinua expandida, 11 % de miel de panela, 16 % de jarabe de glucosa y 9 % de uvilla deshidratada, al reemplazar estos datos en la Ecuación All.7, se tiene:

$$0,023 * (0,14) + 0,05 * (0,5) + 0,215 * (0,11) + 0,175 * (0,16) + 0,12 * (0,09) \\ = \%Humedad F$$

$$Humedad de F = 9,07 \%$$

De la Ecuación All.9, se obtiene:

$$0,091 * F = F - 1400 + (0.035 * 1400)$$

$$F = 1485,76 \text{ kg de mezcla}$$

Al considerar, nuevamente, la composición de la barra energética se tiene que:

$$A = 0,14 * F = 208 \text{ kg Amaranto reventado}$$

$$B = 0,5 * F = 742,88 \text{ kg Quinoa expandida}$$

$$C = 0,11 * F = 163,43 \text{ kg Miel de panela}$$

$$D = 0,16 * F = 237,72 \text{ kg Jarabe de glucosa}$$

$$E = 0,09 * F = 133,72 \text{ kg Uvilla deshidratada}$$

De la Ecuación All.6, se obtiene:

$$H = 85,76 \text{ kg Vapor de agua}$$

- TOSTADO**

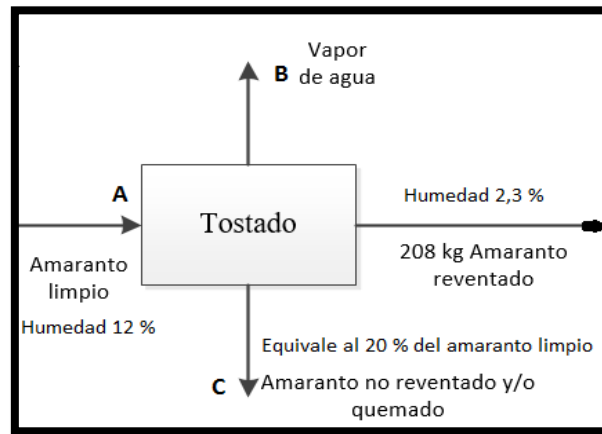


Figura AII.4. Flujos involucrados en el proceso de tostado

Con base a la Figura AII.4, las ecuaciones del balance de masa son las siguientes:

Entra = Sale

Balance de base seca:

$$A = B + C + 208$$

Se conoce que $C = 0,20 * A$, entonces:

$$A = B + 0,20 * A + 208$$

$$B = 0,80 * A - 208$$

[AII.10]

Balance de agua:

Se considera despreciable la humedad del amaranto quemado (corriente C), entonces:

$$0,12 * A = B + 0,023 * 208$$

[AII.11]

Se reemplaza la Ecuación AII.10 en la Ecuación AII.11:

$$0,12 * A = 0,80 * A - 208 + 0,023 * 208$$

$$A = 298,84 \text{ kg Amaranto limpio}$$

Por lo tanto, $C = 0,20 * A = 59,77 \text{ kg Amaranto quemado}$

De la Ecuación All.10, se obtiene:

$B = 31,07 \text{ kg Vapor de agua}$

- **DESHIDRATADO**

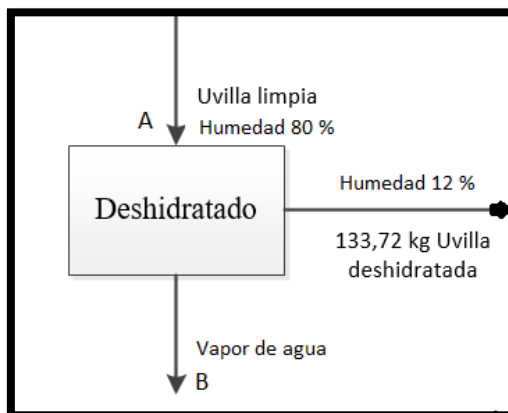


Figura AII.5. Flujos involucrados en el proceso de deshidratado

Si se considera la Figura AII.5, el cálculo del balance de masa es el siguiente:

Entra = Sale

$$A = B + 133,72$$

[AII.12]

Balance de agua:

$$0,8 * A = B + 0,12 * 133,72$$

[AII.13]

Se reemplaza la Ecuación AII.12 en la Ecuación AII.13:

$$0,8 * (B + 133,72) = B + 16,04$$

$$B = 454,66 \text{ kg Vapor de agua}$$

De la Ecuación AII.12, se obtiene:

$$A = 588,37 \text{ kg de Uvilla limpia}$$

- **EXPANDIDO**

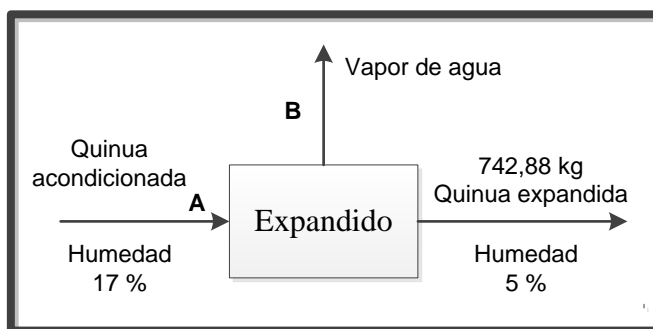


Figura AII.6. Flujos involucrados en el proceso de expandido

De acuerdo con la Figura AII.6, las ecuaciones del balance de masa son las siguientes:

Entra = Sale

$$A = B + 742,88 \quad \text{[AII.14]}$$

Balance de agua:

$$0,17 * A = B + 0,05 * 742,88 \quad \text{[AII.15]}$$

Se reemplaza la Ecuación AII.14 en la Ecuación AII.15:

$$0,17 * (B + 742,88) = B + 0,05 * 742,88$$

$$B = 107,40 \text{ kg Vapor de Agua}$$

De la Ecuación AII.14, se obtiene:

$$A = 850,28 \text{ kg Quinoa acondicionada}$$

- **ACONDICIONADO**

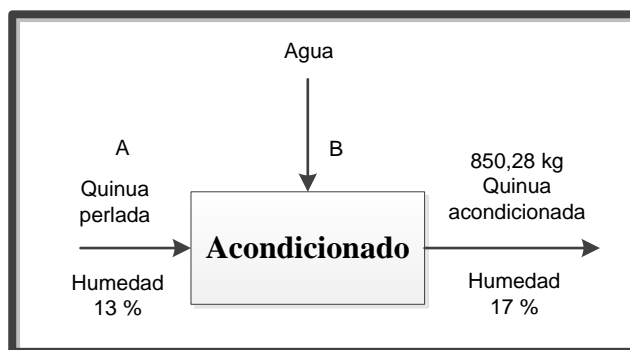


Figura AII.7. Flujos involucrados en el proceso de acondicionado

Con base a la Figura AII.7, las ecuaciones del balance de masa son las siguientes:

Entra = Sale

$$A + B = 850,28 \quad [\text{AII.16}]$$

Balance de agua:

$$0.13 * A + B = 0.17 * 850,28 \quad [\text{AII.17}]$$

Al reemplazar la Ecuación AII.16 en la Ecuación AII.17, se tiene:

$$0.13 * A - A + 850,28 = 0.17 * 850,28$$

$$A = 811,19 \text{ kg Quinoa perlada}$$

De la Ecuación AII.16, se obtiene:

$$B = 39,09 \text{ kg Agua}$$

- **ESCARIFICADO**

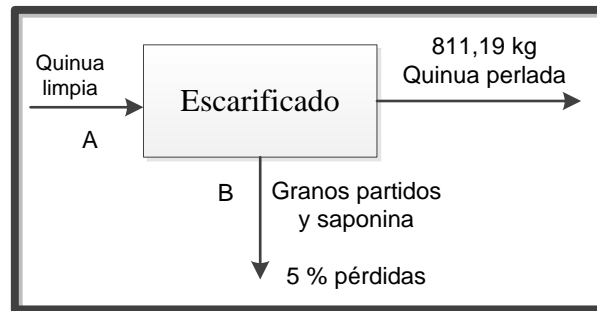


Figura AII.8. Flujos involucrados en el proceso de escarificado

De acuerdo con la Figura AII.8, el cálculo del balance de masa es el siguiente:

Entra = Sale

$$A = B + 811,19$$

$$A = 0,05 * A + 811,19$$

$$A = 853,88 \text{ kg Quinoa limpia}$$

$$B = 42,69 \text{ kg Granos partidos y saponina}$$

- **CLASIFICACIÓN, LIMPIEZA, INSPECCIÓN Y RECEPCIÓN**

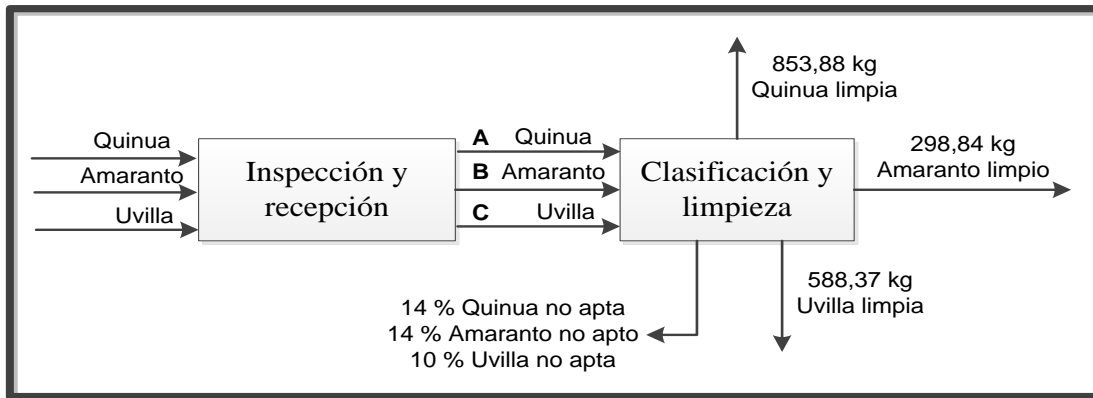


Figura AII.9. Flujos involucrados en el proceso de clasificación y limpieza

Si se observa la Figura AII.9, el cálculo del balance de masa es el siguiente:

Entra = Sale

$$A = 0,14 * A + 853,88$$

$$A = 992,88 \text{ kg Quinua}$$

$$B = 0,14 * B + 298,84$$

$$B = 347,49 \text{ kg Amaranto}$$

$$C = 0,10 * C + 588,37$$

$$C = 653,74 \text{ kg Uvilla}$$

En el proceso de inspección y recepción no se tiene pérdidas de los flujos de las materias primas.

ANEXO III

BALANCE DE ENERGÍA

El detalle del balance de energía de los procesos que involucran calor, se describe a continuación:

- **TOSTADO**

El amaranto limpio y clasificado será llevado hasta el interior de un tostador de tambor giratorio, este equipo se calentará por conducción, mediante la aplicación de llama directa sobre el tambor. Una vez que el tostador alcance los 168 °C, se controlará que el tiempo de reventado del amaranto no supere los 20 s (Mujica, Berti e Izquierdo, 1997, p. 84; Villacrés, 2013, p. 78). Según los valores obtenidos en el balance de masa, el proceso de tostado tendría los flujos mostrados en la Figura AIII.1. Se considera que, la temperatura inicial del amaranto es 16 °C, temperatura promedio en Ibarra (Climate-Data, 2015).

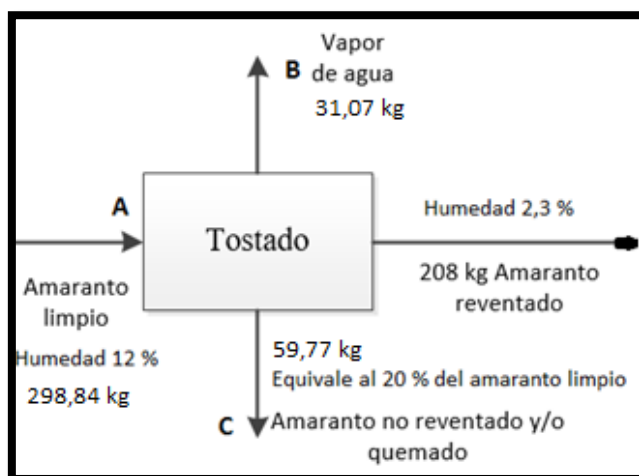


Figura AIII.1. Flujos involucrados en el proceso de tostado

Las ecuaciones del balance de energía que rigen este proceso se indican a continuación:

$$Q = m_s * Cp_s * (T_f - T_0) + m_l * Cp_l * (T_{eb} - T_0) + m_v * Lp + m_v * Cp_v * (T_f - T_{eb})$$

[AIII.1]

Donde:

m_s : Masa de materia seca que entran al proceso (kg)

m_l : Masa de agua que entran al proceso (kg)

Cp_s : Calor específico de la materia seca ($kJ/kg\ ^\circ C$)

T_f : Temperatura final que alcanza el proceso ($^\circ C$)

T_0 : Temperatura inicial del proceso ($^\circ C$)

T_{eb} : Temperatura de ebullición del agua en función de la presión ($^\circ C$)

Cp_l : Calor específico del agua líquida ($kJ/kg\ ^\circ C$)

m_v : Masa de vapor de agua (kg)

Cp_v : Calor específico del vapor de agua ($kJ/kg\ ^\circ C$)

Lp : Calor latente de vaporización del agua (kJ/kg)

Para calcular la T_{eb} del agua en la ciudad de Ibarra, se utiliza la ecuación de Sidney-Young, descrita a continuación:

$$(100 - T_{eb}) = (760 - P) * Ksy * (273,15 + T_{eb})$$

[AIII.2]

Donde:

P : Presión (mmHg), para el caso en estudio 582 mmHg (2 225 msnm, Climate-Data, 2015)

Ksy : Constante de Sidney-Young, igual a 0,00012 para líquidos polares como el agua

Al reemplazar los valores en la Ecuación AIII.2, se tiene:

$$100 - T_{eb} = 178 * 0,00012 * (273,15 + T_{eb})$$

$$T_{eb} + 0,021 * T_{eb} = 100 - 7,605$$

$$T_{eb} = 92,20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Adicionalmente, para la resolución de la Ecuación AIII.1 se tiene los siguientes datos:

$$Cp_{agua} = 3,91 \frac{kJ}{kg^\circ C} \quad (\text{Sydney Postharvest Laboratory \& Food Science Australia, 2001})$$

$$Lp_{agua \text{ a } 582 \text{ mmHg}} = 2\,275 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Perry, Green y Maloney, 1997, p. 223})$$

$$Cp_{agua} = 4,18 \frac{kJ}{kg^\circ C} \quad (\text{Perry, Green y Maloney, 1997, p. 109})$$

$$Cp_{vapor \text{ de } agua} = 1,84 \frac{kJ}{kg^\circ C} \quad (\text{Perry, Green y Maloney, 1997, p. 115})$$

Al considerar la composición de las corrientes de la Figura AIII.1 y reemplazar los valores conocidos en la Ecuación AIII.1, se obtiene:

$$Q = 262,97 * 3,91 * (168 - 16) + 4,78 * 4,18 * (92,2 - 16) + 31,07 * 2\,275 \\ + 31,07 * 1,84 * (168 - 92,2)$$

$$Q = 232\,839,41 \text{ kJ}$$

- **EXPANDIDO**

El proceso de expandido se produce en una cámara que se calienta por contacto con llama directa, hasta alcanzar la temperatura de 160 °C y una presión de 140 psi (Villacrés, Egas, Mazón y Peralta, 2011, p. 15).

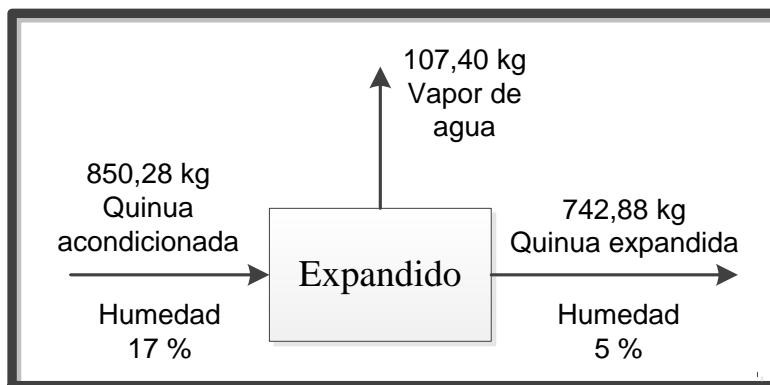


Figura AIII.2. Flujos involucrados en el proceso de expandido

La ecuación del balance de energía que rige este proceso se indica a continuación:

$$Q = m_s * Cp_s * (T_f - T_0) + m_l * Cp_l * (T_{eb} - T_0) + m_v * Lp + m_v * Cp_v * (T_f - T_{eb})$$

[AIII.3]

Donde:

m_s : Masa de materia seca que entran al proceso (kg)

m_l : Masa de agua que entran al proceso (kg)

Cp_s : Calor específico de la materia seca ($kJ/kg\ ^\circ C$)

T_f : Temperatura final que alcanza el proceso ($^\circ C$)

T_0 : Temperatura inicial del proceso ($^\circ C$)

T_{eb} : Temperatura de ebullición del agua en función de la presión ($^\circ C$)

Cp_l : Calor específico del agua líquida ($kJ/kg\ ^\circ C$)

m_v : Masa de vapor de agua (kg)

Cp_v : Calor específico del vapor de agua ($kJ/kg\ ^\circ C$)

Lp : Calor latente de vaporización del agua (kJ/kg)

Como dato adicional se tiene:

$$Cp_{quinua} = 1,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \quad (\text{Romero, Tirado y Dávalos, 2015, p. 50})$$

Si se considera la composición de las corrientes de la Figura AIII.2 y se reemplaza los valores conocidos en la Ecuación AIII.2, se obtiene:

$$Q = 705,74 * 1,9 * (160 - 16) + 37,14 * 4,18 * (92,2 - 16) + 107,40 * 2.275 + 107,40 * 1,84 * (160 - 92,2)$$

$$Q = 462.664,26 \text{ kJ}$$

- **DESHIDRATADO**

La deshidratación de las uvillas se llevará a cabo a una temperatura de 60 °C durante 165 min; de esta manera, se conseguirá disminuir la humedad desde 80 hasta 12 % (Fischer et al., 2005, p. 57; NTE INEN 2996, 2015, p. 2; Pilamunga et al., 2011, p. 44). Los valores de las corrientes, obtenidos en el balance de masa, se muestran en la Figura AIII.3.

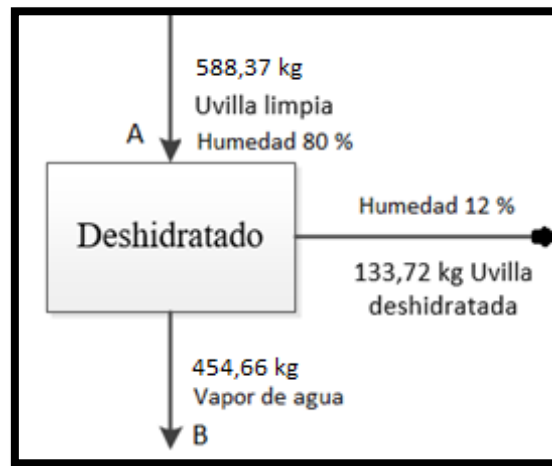


Figura AIII.3. Flujos involucrados en el proceso de deshidratado

La ecuación del balance de energía que rige este proceso se indica a continuación:

$$Q = mC_p\Delta T + m_v L_p$$

[AIII.4]

Donde:

m : Masa de la especie que entra al proceso (kg)

C_p : Calor específico del alimento que entra al proceso ($kJ/kg\ ^\circ C$)

ΔT : Diferencia de temperatura ($T_{proceso} - T_{ambiente}$) en $^\circ C$

m_v : Masa de vapor de agua (kg)

L_p : Calor latente de vaporización del agua (kJ/kg)

Para resolver la Ecuación AIII.4, es necesario calcular el calor específico (C_p) de la uvilla. Según Ibarz y Barbosa (2005), para el cálculo del C_p de alimentos con un alto contenido en humedad, se utiliza la siguiente fórmula (p. 342):

$$C_p = 0,837 + 3,349 * X_{agua}^m \quad \text{[AIII.5]}$$

Donde:

C_p : Calor específico del alimento que entra al proceso ($kJ/kg\ ^\circ C$)

X_{agua}^m : Fracción másica de agua del alimento

Se conoce que la uvilla contiene 80 % de humedad; al reemplazar valores en la Ecuación AIII.5, se tiene:

$$C_{p_{uvilla}} = 0,837 + 3,349 * 0,80$$

$$C_{p_{uvilla}} = 3,52 \frac{kJ}{kg\ ^\circ C}$$

Para resolver la Ecuación AIII.4, se requiere el siguiente dato:

$$L_{p_{agua\ a\ 60\ ^\circ C}} = 2\ 354,27 \frac{kJ}{kg} \quad \text{(Perry, Green y Maloney, 1997, p. 23)}$$

Al Reemplazar los valores conocidos en la Ecuación AIII.4, se tiene:

$$Q = 117,67 * 3,52 * (60 - 16) + 454,66 * 2\ 354,27$$

$$Q = 1\ 088\ 576,26\ kJ$$

- **HORNEADO**

Las barras energéticas serán llevadas al interior de un horno de bandejas de convección forzada; las condiciones de temperatura y tiempo serán, 185 °C (constante) por 25 min (De la Paz y Coello, 2012, p. 5). Finalizado el proceso de horneado, se obtendrán barras energéticas con una humedad entre 2 a 3,5 % (Mejía, 2003, p. 133; Villacrés, 2013, p. 31). Los valores obtenidos en el balance de masa del proceso de horneado se muestran en la Figura AIII.4.

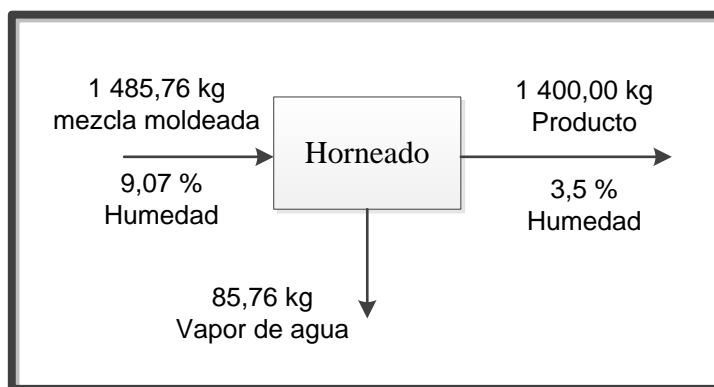


Figura AIII.4. Flujos involucrados en el proceso de horneado

Las ecuaciones del balance de energía que rigen este proceso, se indican a continuación:

$$Q = mC_p\Delta T + m_v L_p$$

[AIII.6]

Donde:

m : Masa de la especie que entra al proceso (kg)

C_p : Calor específico del alimento que entra al proceso ($kJ/kg\ ^\circ C$)

ΔT : Diferencia de temperatura ($T_{proceso} - T_{ambiente}$) en $^\circ C$

m_v : Masa de vapor de agua (kg)

L_p : Calor latente de vaporización del agua (kJ/kg)

$$Cp = \sum xi * Cpi \quad [AIII.7]$$

Donde:

Cp : Calor específico del producto o mezcla ($kJ/kg\ ^\circ C$)

Cpi : Calor específico de la especie i ($kJ/kg\ ^\circ C$)

xi : Porcentaje de la especie i en la composición del producto

Adicionalmente, se conocen los siguientes datos:

$$Cp_{quinua} = 1,9 \frac{kJ}{kg^\circ C} \quad (\text{Romero et al., 2015, p. 50})$$

$$Cp_{amaranto} = 3,91 \frac{kJ}{kg^\circ C} \quad (\text{Sydney Postharvest Laboratory \& Food Science Australia, 2001})$$

$$Cp_{uvilla} = 3,52 \frac{kJ}{kg^\circ C}$$

$$Cp_{miel\ de\ panela} = 89,74 \frac{kJ}{kg^\circ C} \quad (\text{Sugartech, 2017})$$

$$Cp_{jarabe\ de\ glucosa} = 92,00 \frac{kJ}{kg^\circ C} \quad (\text{Sugartech, 2017})$$

Al desarrollar la Ecuación AIII.7, se tiene:

$$Cp_{mezcla} = Cp_{quinua} * 0,5 + Cp_{amaranto} * 0,14 + Cp_{uvilla} * 0,09 + Cp_{miel\ panela} * 0,11 + Cp_{jarabe\ glucosa} * 0,16$$

$$Cp_{mezcla} = 1,9 * 0,5 + 3,91 * 0,14 + 3,52 * 0,09 + 89,74 * 0,11 + 92 * 0,16$$

$$Cp_{mezcla} = 1,9 * 0,5 + 3,91 * 0,14 + 3,52 * 0,09 + 89,74 * 0,11 + 92 * 0,16$$

$$Cp_{mezcla} = 26,41 \frac{kJ}{kg^\circ C}$$

Al reemplazar los valores conocidos en la Ecuación AIII.6 y si se considera el dato de

$Lp_{agua\ a\ 185\ ^\circ C} = 2\ 354,27\ kJ/kg$ (Perry, Green y Maloney, 1997, p. 23), se obtiene:

$$Q = 1\ 351,00 * 26,41 * (185 - 16) + 85,76 * 2\ 354,27$$

$$Q = 8\ 650\ 287,13\ kJ$$

- **CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CALOR DE LAS BARRAS ENERGÉTICAS HACIA EL AMBIENTE DESPUÉS DEL HORNEADO**

El enfriamiento de las barras energéticas, en los bastidores, se produce por convección natural; por lo tanto, según la ley de enfriamiento de Newton, la transferencia de calor por convección sigue la Ecuación AIII.8:

$$Q = h * (T_s - T_a) * A_s \quad \text{[AIII.8]}$$

Donde:

Q : Flujo de calor transferido (W)

h : Coeficiente de convección ($W/m^2 * ^\circ C$)

A_s : Área de la superficie de la barra energética (m^2)

T_s : Temperatura de la superficie de la barra ($^\circ C$)

T_a : Temperatura del aire ($16 ^\circ C$)

Para obtener h , se requiere conocer la relación que existe entre el coeficiente de convección en los números adimensionales de Nussell (Nu) y Rayleigh (Ra). Kreith, Manglik y Bohn (2012), mencionan que estos factores se relacionan de la siguiente manera (p. 312):

$$Nu = h * Lc/k \quad \text{[AIII.9]}$$

Donde:

Nu : Número de Nussell

Lc : Longitud característica (m)

k : Conductividad térmica ($W/m * K$)

Debido a que se trata de una convección natural desde una superficie hacia el aire, se tiene una relación entre el número de Nussell y el de Rayleigh:

$$Nu = 0,15 * Ra^{1/4} \quad [AIII.10]$$

Donde:

Nu : Número de Nussell

Ra : Número de Rayleigh

Se conoce que, el número de Rayleigh se calcula de la siguiente manera:

$$Ra = \frac{g * \beta * (T_s - T_a) * Lc^3}{v^2} * Pr \quad [AIII.11]$$

Donde:

Ra : Número de Rayleigh

g : Gravedad $9,8 \text{ m/s}^2$

β : Coeficiente de dilatación térmica del aire ($1/K$)

Lc : Longitud característica (m)

T_s : Temperatura de la superficie de la barra ($185 \text{ }^\circ\text{C}$)

T_a : Temperatura del aire ($16 \text{ }^\circ\text{C}$)

Pr : Número de Prandtl

v : Viscosidad cinemática (m/s^2)

Se tiene que, para el enfriamiento de una barra al ambiente, la longitud característica (Lc) es igual al área superficial (A_s) de la barra dividida para el perímetro. Y las propiedades termodinámicas como el coeficiente de dilatación térmica, la conductividad y el número de Prandtl son datos bibliográficos, mostrados en la Figura AIII.5; se considera que la temperatura promedio (T_p) del aire es de $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Propiedades termodinámicas de gases											
Aire seco a presión atmosférica											
Temperatura, <i>T</i>		Densidad, ρ (kg/m ³)	Coefficiente de dilatación térmica, $\beta \times 10^3$ (1/K)	Calor específico, c_p (J/kg K)	Conductividad térmica, k (W/m K)	Difusividad térmica, $\alpha \times 10^6$ (m ² /s)	Viscosidad absoluta, $\mu \times 10^6$ (N s/m ²)	Viscosidad cinemática, $\nu \times 10^6$ (m ² /s)	Número de Prandtl, <i>Pr</i>	$\frac{\rho\beta}{\mu} \times 10^{-8}$ (1/K m ³)	
*F	K	*C	$\times 6.243 \times 10^{-7}$ = (lb _m /ft ³)	$\times 0.5556$ = (1/R)	$\times 2.388 \times 10^{-4}$ = (Btu/lb _m °F)	$\times 0.5777$ = (Btu/h ft °F)	$\times 3.874 \times 10^6$ = (ft ² /h)	$\times 0.6720$ = (lb _m /ft s)	$\times 3.874 \times 10^6$ = (ft ² /h)	$\times 1.573 \times 10^{-1}$ = (1/R ft)	
32	273	0	1.252	3.56	1011	0.0237	19.2	17.456	13.9	0.71	1.85
68	293	20	1.164	3.41	1012	0.0251	22.0	18.240	15.7	0.71	1.36
104	313	40	1.092	3.19	1014	0.0265	24.8	19.123	17.6	0.71	1.01
140	333	60	1.025	3.00	1017	0.0279	27.6	19.907	19.4	0.71	0.782
176	353	80	0.968	2.83	1018	0.0293	30.6	20.790	21.5	0.71	0.600
212	373	100	0.916	2.68	1022	0.0307	33.6	21.673	23.6	0.71	0.472
392	473	200	0.723	2.11	1035	0.0370	49.7	25.093	35.5	0.71	0.164
572	573	300	0.556	1.75	1047	0.0429	68.9	29.322	49.2	0.71	0.0709
752	673	400	0.508	1.49	1059	0.0485	89.4	32.754	64.6	0.72	0.0350
932	773	500	0.442	1.29	1076	0.0540	113.2	35.794	81.0	0.72	0.0193
1832	1273	1000	0.268	0.79	1139	0.0762	240	48.445	181	0.74	0.00236

Figura AIII.5. Propiedades termodinámicas del aire seco
(Kreith et al., 2012, p. 314)

Se conocen los siguientes datos:

$$\beta = 26,8 \text{ K}^{-1}$$

$$k = 0,0307 \text{ W/m K}$$

$$\nu = 23,6 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr = 0,71$$

$$A_s = 0,003 \text{ m}^2, \text{ entonces } L_c = 0,012 \text{ m}$$

Entonces al reemplazar valores en la Ecuación AIII.11, se tiene:

$$Ra = \frac{9,8 * 2,68 * (185 - 16) * (0,012)^3}{(23,6)^2} * 0,71 = 9,77 \times 10^{-5}$$

De la ecuación AIII.10 se tiene:

$$Nu = 0,015$$

De la Ecuación AIII.9, se tiene:

$$h = \frac{0,015 * 0,307}{0,012} = 0,384 \text{ W/m}^2 * \text{ } ^\circ\text{C}$$

De la Ecuación AIII.8, se tiene:

$$Q = 0,384 * (185 - 16) * 0,003 = 0,195 W$$

- **CÁLCULO DE CONSUMO DE GLP**

El tostador, los túneles expansores, el secador y los hornos funcionan con GLP; por lo tanto, se puede calcular el volumen consumido al mes de este combustible. Se conoce el consumo por hora y el tiempo aproximado de uso de cada equipo. En la Tabla AIII.1, se muestra la operación unitaria, las características de la maquinaria involucrada y el consumo de GLP.

Tabla AIII.1. Consumo de GLP por día en el proceso productivo de barras energéticas

OPERACIÓN	MAQUINARIA	CONSUMO DE GLP (kg/h)	NÚMERO DE EQUIPOS	TIEMPO DE USO DIARIO (min)	CONSUMO GLP (kg/día)
Tostado	Tostadora	0,15	1	60,00	0,15
Expandido	Cañón expansor	0,74	4	120,00	5,92
Deshidratado	Secador	0,33	1	165,00	0,91
Horneado	Horno	3,5	1	100,00	5,83
				TOTAL (kg)	12,81

ANEXO IV

INGENIERÍA DE DETALLE

Los únicos fluidos involucrados directamente en el proceso productivo de barras energéticas son, el jarabe de glucosa y la miel de panela; para su almacenamiento e incorporación a los ingredientes sólidos en la etapa de mezclado, se diseñaron dos tanques de acero inoxidable, que están ubicados en la parte superior del área de horneado, cerca de la mezcladora horizontal.

Para descargar los jarabes, sobre la mezcladora se diseñó una tubería que sale desde la parte inferior de los tanques de almacenamiento hasta una llave distribuidora, como se muestra en la Figura AIV.1.

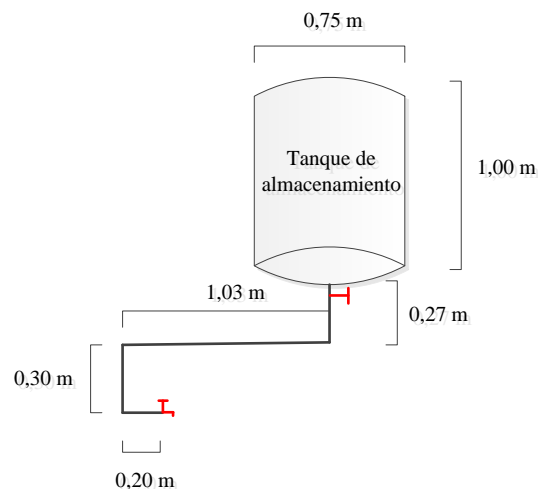


Figura AIV.1. Diagrama de la tubería del tanque de almacenamiento de jarabes

Para determinar la cédula y el diámetro de la tubería del tanque de almacenamiento, se utilizaron las ecuaciones de balance de masa y de energía que se muestran a continuación:

Balance de masa

$$\text{Si } Q_i = \delta_i * V_i * A_i$$

[AIV.1]

Donde:

 Q_i : Flujo (kg/h) δ_i : Densidad del compuesto i (kg/m^3) v_i : Velocidad del fluido i (m/s) A_i : Área de la tubería (m^2)

Entonces:

Entra = Sale

$$Q_1 = Q_2$$

$$\delta_2 * V_2 * A_2 = \delta_1 * V_1 * A_1$$

Si la densidad y el diámetro de la tubería se mantienen constantes:

$$\delta_2 = \delta_1 ; V_2 = V_1 ; A_2 = A_1$$

Balance de energía – Ecuación de Bernoulli

$$\frac{1}{2} \left(\frac{v_1^2}{\alpha_2} - \frac{v_2^2}{\alpha_1} \right) + g(Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + Wt = 0$$

[AIV.2]

Donde:

 α_i : Coeficiente de corrección por flujo turbulento v_i : Velocidad del fluido i (m/s) g : Gravedad ($9,8 m/s^2$) z_i : Altura del punto i (m) p_i : Presión en el punto i (Pa) ρ_i : Densidad sustancia i (kg/m^3) ΣF : Sumatoria de fuerzas de rozamiento (m^2/s^2) Wt : Trabajo de bomba (m^2/s^2)

El coeficiente de corrección del flujo en la ecuación de Bernoulli, corresponde a 2 cuando se trata de flujos laminares y a 1 en los turbulentos. Para determinar la naturaleza de los jarabes se utilizó el número de Reynolds, Ecuación AIV.3, mientras que se consideró que la presión era la misma en los dos puntos del balance. El sumatorio de fuerzas de rozamiento (ΣF) es función del flujo, tipo de fluido y sus propiedades reológicas; así como, de los accesorios de la tubería. El trabajo externo (Wt) es igual a 0 debido a que no existe trabajo por bomba.

$$Re = \frac{v_i * D * \rho}{\mu} \quad [AIV.3]$$

Donde:

v_i : Velocidad del fluido i (m/s)

D : Diámetro de la tubería (m)

ρ_i : Densidad sustancia i (kg/m^3)

μ : Viscosidad ($Pa * s$)

De la Ecuación AIV.1, se tiene:

$$V_i = \frac{Q_i}{\delta_i * A_i} \quad [AIV.4]$$

Se considera que:

$$Q_{glucosa} = \frac{11,89 \text{ kg}}{4 \text{ min}} = 178,35 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q_{miel \text{ panela}} = \frac{8 \text{ kg}}{3 \text{ min}} = 163,4 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Según Ibarz y Barbosa (2005), para calcular las propiedades reológicas de los fluidos se pueden utilizar las siguientes ecuaciones (p. 345):

Entonces para glucosa se tiene:

$$\delta_{glucosa} = X_{agua} * \delta_{agua} + X_{acarbhidatos} * \delta_{carbhidratos} \quad [AIV.5]$$

Donde:

δ : Densidad del (kg/m^3)

X_i : Concentración de la sustancia i

Adicionalmente, se conoce que:

$$\delta_{\text{carbohidratos}} = 1,6 \times 10^{3-0,31T} (kg/m^3); Si, T = 18 \text{ } ^\circ C$$

$$X_{\text{carbohidratos}} = 0,7; Si, jarabe tiene 70 \text{ } ^\circ Brix$$

Al reemplazar valores, se tiene:

$$\delta_{\text{glucosa}} = 1\,415,46 \text{ } kg/m^3$$

La Ecuación para la viscosidad de la glucosa es la siguiente:

$$\mu = \frac{1}{0,1372-0,00163*^\circ Brix} - \frac{T}{3,835-0,04563*^\circ Brix} + \frac{T}{412,1-4,9090*^\circ Brix} \quad [AIV.6]$$

Donde:

μ = Viscosidad (Pa*s)

T = Temperatura del proceso ($^\circ C$)

Al reemplazar los valores conocidos, se tiene:

$$\mu = 19,94 \text{ } Pa * s$$

En la Tabla AIV.1, se puede observar el resumen de las propiedades reológicas de la miel de panela, obtenida de bibliografía, y de la glucosa, anteriormente calculadas.

Tabla AIV.1. Propiedades reológicas de la miel de panela y del jarabe de glucosa

Material	Propiedades reológicas		
	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad (Pa*s)	Bibliografía
Jarabe de glucosa (18 °C, 80 ° Brix)	1 593,51	19,94	Ibarz y Barbosa, 2005, p.345
Miel de panela (18 °C, 70 °Brix)	1 356	13,8	Naranjo, 2008, p. 26

En tanto que, el número y tipo de accesorios que se utilizan en la tubería se indican en la Tabla AIV.2.

Tabla AIV.2. Propiedades y accesorios de la tubería del tanque de almacenamiento – válvula de distribución

Descripción	Fluido	T (°C)	Flujo (kg/h)	Codo 90°	Tubería vertical (m)	Tubería horizontal (m)	Válvulas de globo	Material	Color
Tanque de almacenamiento – válvula de distribución 1	Jarabe 70 %	18	178,35	3	0,57	1,23	2	Acero inoxidable	Verde Oscuro
Tanque de almacenamiento – válvula de distribución 2	Miel de panela 80 °Brix	18	163,4	3	0,57	1,23	2	Acero inoxidable	Verde Oscuro

Una vez determinado el número y tipo de accesorios que se necesitan, se puede establecer la ecuación para el sumatorio de fuerzas de rozamiento $\sum F$.

$$\sum F = 3 * K_{c90} * \frac{v^2}{2} + 2 * K_{val} * \frac{v^2}{2} + K_{cont} * \frac{v^2}{2} + K_{exp} * \frac{v^2}{2} + f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2}$$

[AIV.7]

Donde:

K_{c90} : Constante de carga por codo de 90 ° = 0,7 (Ibarz y Barbosa, 2005)

V : Velocidad de flujo en el punto (m/s)

K_{val} : Constante de carga por válvula de globo = 10 (Ibarz y Barbosa, 2005)

K_{cont} : Constante de carga por contracción = $0,5 \cdot V^2/2g$ (Ibarz y Barbosa, 2005)

K_{exp} : Constante de carga por expansión = $V^2/2g$ (Ibarz y Barbosa, 2005)

f_i : Factor de fricción = $64/Re$ (Ibarz y Barbosa, 2005)

L : Longitud de tubería (m)

D_i : Diámetro interno de la tubería (m)

Para obtener el valor del diámetro de la tubería se utiliza la herramienta Solver de Excel sobre todas las ecuaciones presentadas, de tal manera que el computador nos otorga un valor inicial, que sirve como referencia para buscar en los catálogos de tuberías de acero inoxidable (Novacero, 2017) y finalmente tener los valores reales que se muestran en la Tabla AIV.3.

Tabla AIV.3. Características de las tuberías de distribución de miel de panela y jarabe de glucosa

Fluido	Color	Material	Cédula	Descripción	Diámetro externo (cm)	Diámetro interno (cm)	Longitud (m)
Miel de panela	Verde oscuro	Acero inoxidable bajo ASTM A 53	40	1 “	4,22	3,51	1,8
Jarabe de glucosa	Verde oscuro	ASTM A 53	20	1 ½”	4,83	3,81	1,8

ANEXO V

FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE BANDA TRANSPORTADORA DE CHEVRONES VULCANO TECNOLOGÍA				
EQUIPO (Ref.): Banda de transporte vertical		SIMBOLOGÍA: BC-A01		
FUNCIÓN: Transporte de materia prima		N° UNIDADES: 1		
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:		Equipo indicado para transportar y elevar producto, y conectar a la siguiente máquina dentro de la línea productiva, así mismo para poder alimentar a algún equipo a una altura fuera del promedio. Estructura de soporte con perfiles rígidos regulables para alcanzar más altura. Amplia tolva de recepción de productos. Sistema de giro por rodillos. Tensado por rodajes tensores especiales. Faja de transporte sanitaria. Laterales y tolva en acero inoxidable AISI 304.		
PRODUCTIVIDAD (kg/h): 1 200				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	1,05 m	Ajustable	Ajustable	120 kg
Eléctrica		Potencia (HP)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		1,47	220	X
Consumo		Agua	Vapor	Aire comprimido
		X	X	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CLASIFICADORA VIBRATORIA				
EQUIPO (Ref.): Seleccionadora ventiladora MAKU INDUSTRIAS			SIMBOLOGÍA: CV-A01	
FUNCIÓN: Seleccionadora, limpiadora de granos			N° UNIDADES: 1	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Clasifica el grano por su tamaño específico de dos cribas planas con ventiladores de absorción, retira toda clase de pajillas u otros elementos derivados del campo y separa por completo las impurezas del producto. Funciona por vibración. Es fabricada completamente en acero inoxidable.	
PRODUCTIVIDAD (kg/h): 400				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	1,70 m	3,55 m	3,4 m	640 kg
Eléctrica		Potencia requerida (HP)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		3,0	220	X
Consumo		Agua	Vapor	Aire comprimido
		X	X	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE SEPARADOR MAGNÉTICO				
EQUIPO (Ref.): Bloque magnético			SIMBOLOGÍA: BM-A01	
FUNCIÓN: Permite separar impurezas de hierro en los cereales			Nº UNIDADES: 1	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Los bloques magnéticos se pueden aplicar en la extracción de partículas metálicas del material que circula sobre una cinta transportadora, durante la caída en vertical o sobre canales inclinados, por encima de rampas, etc.	
CAMPO MAGNÉTICO EFECTIVO: 0,5 m x 0,2 m				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Largo	Ancho	Alto	Peso
Rectangular	0,59 m	0,31 m	0,13 m	95 kg
Eléctrica	Potencia requerida (HP)		Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
	X		X	X
Consumo	Agua		Vapor	Aire comprimido
	X		X	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE BANDA TRANSPORTADORA PARA SELECCIÓN DE UVILLA

EQUIPO (Ref.): Banda transportadora de selección NEGAVIM		SIMBOLOGÍA: BT-A01		
FUNCIÓN: Permite transportar la uvilla y seleccionarla simultáneamente		N° UNIDADES: 1		
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:		Transporte de uvilla. Diseño de fabricación en planchas de 5/64 – 1/8 – 3/32. Parrillas base de soporte de faja sanitaria. 02 rodillos en acero inoxidable calidad 304 que permite el desplazamiento de la faja. Tolva de alimentación de paso de producto de forma continua. Tablero de control con encendido de arranque directo. Acabado sanitario.		
PRODUCTIVIDAD (kg/h): 2 800				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	0,64 m	1,90 m	Ajustable	2 800 kg
Eléctrica		Potencia requerida (HP)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		5,36	220	X
Consumo		Agua	Vapor	Aire comprimido
		X	X	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TOSTADOR DE CEREALES				
EQUIPO (Ref.): Tostador de cereales 100-S			SIMBOLOGÍA: TC-A01	
FUNCIÓN: Tostar amaranto			N° UNIDADES: 1	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Tuesta cereal con una fuente de calor de 2 hornillas de gas y una carga batch de hasta 20 kg.	
PRODUCTIVIDAD (kg/h): 15				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	0,60 m	0,8 m	1,50	80 kg
Eléctrica		Potencia requerida (HP)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		0,5	220	X
Consumo		Agua	GLP	Aire comprimido
		X	0,15 kg/h	X



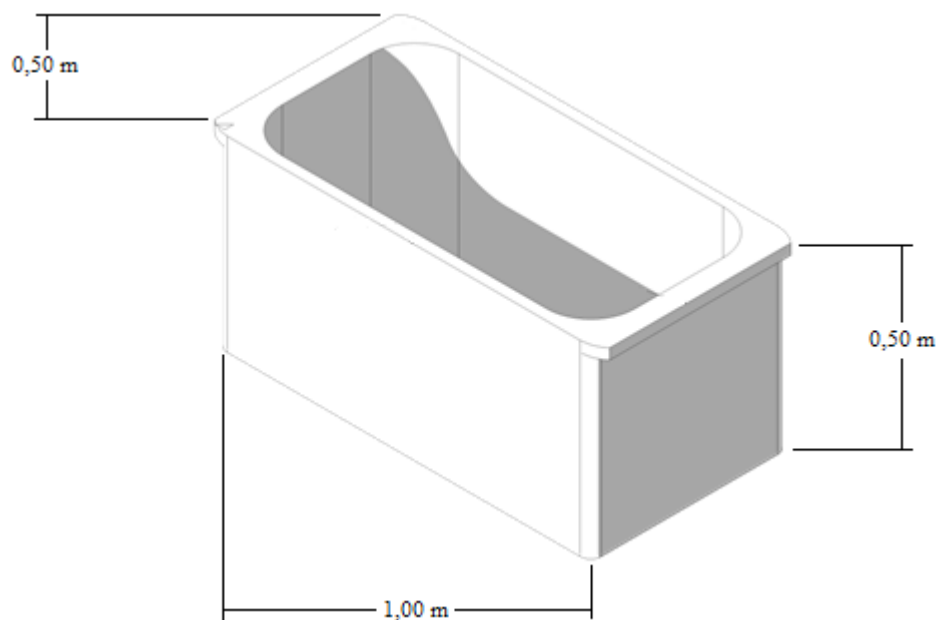
FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE SECADOR VERTICAL				
EQUIPO (Ref.): Secador vertical ALF 100 GA			SIMBOLOGÍA: SV-A01	
FUNCIÓN: Deshidratar uvilla			Nº UNIDADES: 1	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Equipo para secado. Cámara interna de secado con 12 bandejas de 0.75 x 0.80m de área. Con termorregulador por resistencia. Rango de temperaturas de 0 a 90°C. Cámara para el quemador de gas propano y soplador independientemente separados de la cámara de secado. Montado en 4 ruedas giratorias. Bandejas de acero inoxidable AISI 430. No incluye quemador.	
PRODUCTIVIDAD (kg/h): 55				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	1,0 m	0,90 m	1,55 m	95 kg
Eléctrica		Potencia requerida (HP)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		0,2	220	X
Consumo		Agua	GLP	Aire comprimido
		X	0,74 kg/h	X



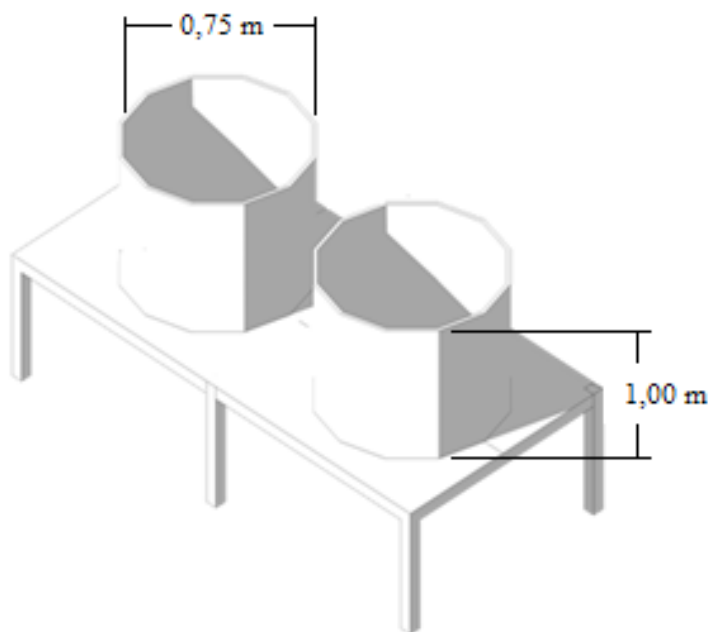
FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ESCARIFICADORA DE QUINUA				
EQUIPO (Ref.): Escarificadora de quinua EQV-25-40 I-C			SIMBOLOGÍA: EQ-A01	
FUNCIÓN: Remover la saponina de la quinua			N° UNIDADES: 1	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Equipo diseñado para la remoción de saponina en medio seco, mediante fricción.	
PRODUCTIVIDAD (kg/h): 120				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	1,5 m	1,1 m	1,4 m	120 kg
Eléctrica		Potencia requerida (HP)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		2,0	220	X
Consumo		Agua	Vapor	Aire comprimido
		X	X	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TANQUE DE ACONDICIONAMIENTO				
EQUIPO (Ref.): Tanque de acondicionamiento de quinua			SIMBOLOGÍA: TA-A01	
FUNCIÓN: Permite humectar la quinua			N° UNIDADES: 1	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Tanque de acero inoxidable que permite sumergir la quinua en agua.	
PRODUCTIVIDAD (kg/h): N/A				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	1,0 m	0,50 m	0,50 m	2,8 kg
Eléctrica	Potencia requerida (HP)		Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
	X		X	X
Consumo	Agua		Vapor	Aire comprimido
	X		X	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE EDULCORANTES				
EQUIPO (Ref.): Tanques de almacenamiento de edulcorantes			SIMBOLOGÍA: TJ-H01, TJ-H02	
FUNCIÓN: Almacenar los edulcorantes			N° UNIDADES: 1	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Tanque de acero inoxidable diseñado para el almacenamiento de jarabe de panela y glucosa de maíz líquida.	
PRODUCTIVIDAD (kg/h): N/A				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Diámetro	Alto		Peso
Circular	0,75 m	1,00 m		50 kg
Eléctrica		Potencia requerida (HP)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		X	X	X
Consumo		Agua	Vapor	Aire comprimido
		X	X	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CAÑÓN EXPANSOR DE QUINUA				
EQUIPO (Ref.): Túnel expansor TEESIN			SIMBOLOGÍA: TE-A01, TE-A02, TE-A03, TE-A04, TE-A05, TE-A06 y TE-A07	
FUNCIÓN: Expandir los granos de quinua			Nº UNIDADES: 7	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Equipo para expandido de quinua. Incluye soplete para calentamiento y manómetro para verificar presión. En fierro fundido (2 medias tapas, 2 soportes laterales, volante). Acero inoxidable 300 (tapa porta sello, horquilla con tuerca central, eje central roscado, eje lateral, palanca de ajuste de 5/8" de diámetro, palanca de seguro de 1/2").	
PRODUCTIVIDAD (kg/h): 7				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	1,1 m	1,4 m	1,6	45 kg
Eléctrica		Potencia requerida (HP)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		X	X	X
Consumo		Agua	GLP	Aire comprimido
		X	0,33 kg/h	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MEZCLADORA MHV 50-I				
EQUIPO (Ref.): Mezcladora horizontal MHV 50-I			SIMBOLOGÍA: MH-H01	
FUNCIÓN: Mezclar los ingredientes			N° UNIDADES: 1	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Máquina ideal para la obtención de mezclas homogéneas de todo tipo de Ingredientes en sólidos de diferente granulometría (harinas, balanceados, etc.), además de mezclas con cierto porcentaje de humedad y/o grasa.	
PRODUCTIVIDAD: 50 kg/batch				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	0,6 m	1,4 m	1,4	110 kg
Eléctrica	Potencia requerida (HP)		Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
	1,0		220	50
Consumo	Agua		Vapor	Aire comprimido
	X		X	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE HORNO				
EQUIPO (Ref.): Horno INOX Gavilán Harpía H-16			SIMBOLOGÍA: HG-H01 y HG-H02	
FUNCIÓN: Reducir la humedad de la mezcla			Nº UNIDADES: 2	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Horno rotativo de convección a gas que proporciona versatilidad en la producción. Construido completamente en acero inoxidable, opera en rango de temperatura entre 50 a 250 °C.	
PRODUCTIVIDAD: 19,68 kg/batch				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	1,06 m	1,48 m	2,01 m	560 kg
Eléctrica		Potencia requerida (KW)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		1,5	220	60
Consumo		Agua	GLP	Aire comprimido
		X	3,5 kg/h	X



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE SELLADORA DE BANDA CONTINUA				
EQUIPO (Ref.): Selladora de banda continua INOX			SIMBOLOGÍA: SC-E01	
FUNCIÓN: Sellar los envases de las barras energéticas			Nº UNIDADES: 1	
ESPECIFICACIONES OPERATIVAS:			Banda de doble orientación, puede convertirse en una selladora horizontal o vertical, construida en acero inoxidable, sella cualquier material termosellable incluso PE, PP y laminados, fácil de usar. Rápido tiempo de calentamiento.	
PRODUCTIVIDAD: 12 m/min				
DIMENSIONAMIENTO				
Geometría	Ancho	Largo	Alto	Peso
Rectangular	0,34 m	0,88 m	0,55 m	27 kg
Eléctrica		Potencia requerida (HP)	Tensión (V)	Frecuencia (Hz)
		0,67	110	60
Consumo		Agua	Vapor	Aire comprimido
		X	X	X



ANEXO VI

TABLAS COMPLEMENTARIAS AL ANÁLISIS ECONÓMICO

- **DETALLE DE LA INVERSIÓN**

La inversión en activos fijos se muestra en la Tabla AVI.1, los precios de la construcción se obtuvieron de una consulta a la firma Vargas Arquitectos.

Tabla AVI.1. Activos fijos

Rubro	Cantidad (m2)	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Terreno	798	59,00	47 082,00
Fábrica	239	200,00	47 740,00
Oficinas, laboratorio, vestidores	96	80,00	7 704,00
Parqueadero	320	75,00	24 000,00
Bodegas	98	100,00	9 820,00
		TOTAL	136 346,00

En la Tabla AVI.2, se muestra el resumen del costo de maquinaria, equipo auxiliar y los gastos de instalación y montaje, equivalente al 10 % del costo de la maquinaria.

Tabla AVI.2. Costo de maquinaria y equipos

Rubro	Valor (USD)
Equipo de producción (oferta local e internacional)	46 158,00
Equipo auxiliar	9 887,92
Gastos de instalación y montaje	4 615,80
TOTAL	60 661,72

En la Tabla AVI.3, se puede observar el detalle de maquinaria y equipos, los valores de los equipos están basados en las proformas del Anexo VII.

Tabla AVI.3. Detalle de la maquinaria y equipos cotizados

Equipo de Producción (oferta local e internacional)				
	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)
EQUIPO DE PRODUCCIÓN	Clasificadora vibratoria	1	5 515,00	5 515,00
	Tostadora de cereales	1	2 400,00	2 400,00
	Secador vertical	1	2 465,00	2 465,00
	Escarificadora	1	4 600,00	4 600,00
	Tanque de acondicionamiento	1	150,00	150,00
	Túnel expansor	4	462,00	1 848,00
	Mezcladora	1	4 700,00	4 700,00
	Horno	2	10 340,00	20 680,00
	Selladora de banda	1	3 800,00	3 800,00
		TOTAL		
EQUIPO AUXILIAR	Válvula de globo	4	10,00	40,00
	Tubería de jarabe de glucosa (Novacero tubería 6 m)	3	35,00	105,00
	Tubería de miel de panela (Novacero tubería 6 m)	3	35,00	105,00
	Tanque de almacenamiento de jarabes	2	350,00	700,00
	Banda transportadora de chevrone	1	3 081,47	3 081,47
	Bloque magnético	1	75,00	75,00
	Banda transportadora	1	5 781,45	5 781,45
		TOTAL		

En la Tabla AVI.4, se muestra el detalle de otros activos; los valores son aproximados.

Tabla AVI.4. Detalle de otros activos

Rubro	Valor (USD)
Equipos y muebles de oficina	5 180,00
Constitución de la sociedad	1 000,00
Laboratorio	10 000,00
Intereses durante la construcción (11,83 % anual)	16 129,73
Gastos de puesta en marcha	692,37
Suministros de Oficina (3 meses)	500,00
Vehículos (Distribución, movilización a nivel nacional)	30 000,00
	TOTAL
	63 502,10

En la Tabla AVI.5, está el detalle de muebles de oficina con valores aproximados y obtenidos de consultas a casas comerciales locales.

Tabla AVI.5. Detalle de equipos y muebles de oficina

Ítem	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Computador	3	630,00	1 890,00
Servidor	1	360,00	360,00
Escritorios	4	220,00	880,00
Muebles	1	450,00	450,00
Anaqueles	4	400,00	1 600,00
TOTAL			5 180,00

- DETALLE DEL CAPITAL OPERATIVO**

Los materiales directos son la quinua, amaranto, uvilla, miel de panela y jarabe de glucosa; los valores se obtuvieron de la bibliografía presentada en la Tabla AVI.6.

Tabla AVI.6. Materiales directos

Rubro	Cantidad (TM)	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)	Referencia
Quinua	12,11	3 200,00	38 752,00	(El Telégrafo, 2016)
Amaranto	4,17	1 300,00	5 421,00	(El Comercio, 2012)
Miel de panela	1,96	2 307,69	4 523,07	(Quiminet, 2016)
Jarabe de glucosa	2,85	926,67	2 641,01	(Quiminet, 2016)
Uvilla	7,85	1 100,00	8 635,00	(La Hora, 2011)
		TOTAL	59 972,08	

La mano de obra directa, representa a los trabajadores de la etapa de producción, como se muestra en la Tabla AVI.7.

Tabla AVI.7. Mano de obra directa

Rubro	Cantidad	Sueldo unitario mensual (USD)	Total mensual (USD)	Total Anual (USD)
Obreros	4	375,00	1 500,00	18 000,00
SUMAN				18 000,00
Cargas sociales (15 %)				2 700,00
			TOTAL	20 700,00

La carga fabril representa los gastos indirectos, suministros, servicios y depreciación, como se observa en la Tabla AVI.8.

Tabla AVI.8. Detalle de la carga fabril

MANO DE OBRA INDIRECTA			
RUBRO	Nº	Sueldo mensual (USD)	Total anual (USD)
Supervisor de planta	1	900,00	10 800,00
Guardia	2	450,00	10 800,00
Secretaria	1	450,00	5 400,00
Laboratorista	1	500,00	6 000,00
SUMAN			33 000,00
Cargas sociales			4 950,00
TOTAL			37 950,00
MATERIALES INDIRECTOS			
RUBRO	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Fundas polietileno transparente 3,5 kg	4 800	0,15	720,00
Etiquetas	480 000	0,01	4 800,00
Empaque polipropileno 35 g	480 000	0,03	14 400,00
TOTAL			19 920,00
DEPRECIACIÓN			
RUBRO	Vida Útil (años)	Costo (USD)	Costo total (USD)
Construcciones	15	89 264,00	5 950,93
Maquinaria y equipo	10	56 045,92	5 604,59
Laboratorio	3	10 000,00	3 333,33
Gastos de puesta en marcha	1	692,37	692,37
TOTAL			15 581,23

Tabla AVI.8. Detalle de la carga fabril (continuación...)

SUMINISTROS			
RUBRO	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Energía eléctrica (Kw-h)	1 777,61	0,20	355,52
Combustible (kg GLP)	1 368,00	0,33	451,44
Agua (m3)	10,00	2,95	29,50
TOTAL			836,46
REPARACIONES Y MANTENIMIENTO			
RUBRO	%	Costo (USD)	Costo total (USD)
Maquinaria y equipo	5,0	56 045,92	2 802,30
Edificios y Construcciones	5,0	89 264,00	4 463,20
TOTAL			7 265,50
SEGUROS			
RUBRO	%	Costo (USD)	Costo total (USD)
Maquinaria y equipo	5,0	56 045,92	2 802,30
Edificios y Construcciones	5,0	89 264,00	4 463,20
TOTAL			7 265,50
			Costo total (USD)
Imprevistos carga fabril (1 %)			888,19
TOTAL GENERAL			89 706,87

Los gastos de ventas y administrativos se muestran en las Tablas AVI.9 y AVI.10, respectivamente; los valores mostrados son aproximaciones.

Tabla AVI.9. Gastos de ventas

GASTOS DE PERSONAL	Cantidad	Sueldo mensual (USD)	Total anual (USD)
Supervisor de ventas	1	650,00	7 800,00
Asistente de Ventas	1	450,00	5 400,00
SUMAN			13 200,00
Cargas sociales (15 %)			1 980,00
SUMAN			15 180,00
GASTOS DE PROMOCIÓN			
Publicidad			10 000,00
SUMAN			25 180,00
Imprevistos (5 %)			1 259,00
TOTAL			26 439,00

Tabla AVI.10. Gastos administrativos y generales

GASTOS DE PERSONAL	Cantidad	Sueldo mensual (USD)	Total anual (USD)
Gerente	1	1 500,00	18 000,00
Contador	1	450,00	5 400,00
Secretaria	1	400,00	4 800,00
SUMAN			28 200,00
Cargas sociales (15 %)			4 230,00
SUMAN			32 430,00
Depreciación de muebles y equipo de oficina (10 años)			518,00
Amortización de constitución de la sociedad (10 años)			100,00
Servicios			500,00
Teléfonos			500,00
Imprevistos (5 %)			1 702,40
		TOTAL	35 750,40

Los gastos financieros se producen al solicitar un crédito productivo a un banco para financiar la inversión de la planta; la tasa de interés que se muestra en la Tabla AVI.11, corresponde a la tasa de interés para un crédito productivo.

Tabla AVI.11. Gastos financieros

RUBRO	USD
Amortización de intereses durante la construcción (10 años)	1 612,97
Intereses del préstamo (11,8 %)	39 178,72
TOTAL	40 791,70

ANEXO VII

PROFORMAS

	MAQUINAS EQUIPOS AGRO PRODUCCION AGROINDUSTRIA * ALIMENTARIOS FABRICACION * IMPORT * EXPORT * SERVICE RUC: 20601434831 Servicio Importación Exportación Fischer Agro S.A																															
	PROFORMA	TOSTADOR UNIVERSAL VOLCABLE - TOST - 100	26-10-20																													
TOSTADORA VOLCABLE –TOST 100 S																																
<table border="1"> <tr><td>MODELO :</td><td>TOST 100 S</td></tr> <tr><td>APLICACIÓN :</td><td>TOSTAR GRANOS</td></tr> <tr><td>CARGA BATCH :</td><td>7 – 12 KG</td></tr> <tr><td>CAPACIDAD POR HORA :</td><td>10 – 20 KG/HORA</td></tr> <tr><td>MOTOR 21 RPM :</td><td>0.5 HP, MF / TF</td></tr> <tr><td>TOSTADO BACH :</td><td>20 – 30 MINUTOS</td></tr> <tr><td>FUENTE DE CALOR :</td><td>2 HORNILLAS GAS GLP</td></tr> <tr><td>CONTROL :</td><td>TERMÓMETRO 200°C</td></tr> <tr><td>MEDIDAS CM :</td><td>L 80 - W 60 – A 150</td></tr> <tr><td>DESCARGA :</td><td>VOLCABLE</td></tr> <tr><td>RECEPCIÓN :</td><td>BANDEJA DE ACERO INOXIDABLE</td></tr> <tr><td>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN :</td><td>ACERO INOXIDABLE</td></tr> <tr><td>PESO : 80 KG</td><td>GARANTÍA : 1 AÑO</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">INCLUYE MANUAL DE USO Y ASESORÍA TÉCNICA</td></tr> </table>	MODELO :	TOST 100 S	APLICACIÓN :	TOSTAR GRANOS	CARGA BATCH :	7 – 12 KG	CAPACIDAD POR HORA :	10 – 20 KG/HORA	MOTOR 21 RPM :	0.5 HP, MF / TF	TOSTADO BACH :	20 – 30 MINUTOS	FUENTE DE CALOR :	2 HORNILLAS GAS GLP	CONTROL :	TERMÓMETRO 200°C	MEDIDAS CM :	L 80 - W 60 – A 150	DESCARGA :	VOLCABLE	RECEPCIÓN :	BANDEJA DE ACERO INOXIDABLE	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN :	ACERO INOXIDABLE	PESO : 80 KG	GARANTÍA : 1 AÑO	INCLUYE MANUAL DE USO Y ASESORÍA TÉCNICA					
MODELO :	TOST 100 S																															
APLICACIÓN :	TOSTAR GRANOS																															
CARGA BATCH :	7 – 12 KG																															
CAPACIDAD POR HORA :	10 – 20 KG/HORA																															
MOTOR 21 RPM :	0.5 HP, MF / TF																															
TOSTADO BACH :	20 – 30 MINUTOS																															
FUENTE DE CALOR :	2 HORNILLAS GAS GLP																															
CONTROL :	TERMÓMETRO 200°C																															
MEDIDAS CM :	L 80 - W 60 – A 150																															
DESCARGA :	VOLCABLE																															
RECEPCIÓN :	BANDEJA DE ACERO INOXIDABLE																															
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN :	ACERO INOXIDABLE																															
PESO : 80 KG	GARANTÍA : 1 AÑO																															
INCLUYE MANUAL DE USO Y ASESORÍA TÉCNICA																																
<table border="1"> <tr> <td>Producción</td> <td>Según habilidades del Operario</td> <td>7-12 KG/ BAC</td> </tr> <tr> <td>Encendido</td> <td colspan="2">LLAVE TERMICA</td> </tr> <tr> <td>Suministro S/ Detalle</td> <td colspan="2">El Imagen Tostar todo tipo de Granos MOTOR 3/4 HP MF</td> </tr> </table>	Producción	Según habilidades del Operario	7-12 KG/ BAC	Encendido	LLAVE TERMICA		Suministro S/ Detalle	El Imagen Tostar todo tipo de Granos MOTOR 3/4 HP MF		<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">COSTO TOTAL - T/C Oficial OFERTA</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">PAGOS A LA SIGUIENTE CTA BCP</td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL EN DOLARES</td> <td>US \$ 2,400.-</td> <td>S/. 194-2336603-0-49</td> <td>BCP</td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL EN SOLES</td> <td>S/. 8,000.-</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">SERV. IMPORT. EXPORT FISCHER AG SAC.</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">PAGO 50% CON ANTICIPO Y SALDO CONTRAENTREGA</td> <td>Entrega 10 días</td> <td>Labora</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">VALIDEZ DE LA OFERTA 30 DIAS</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Asesoría y Capacitación Técnico</td> </tr> </table>			COSTO TOTAL - T/C Oficial OFERTA		PAGOS A LA SIGUIENTE CTA BCP		COSTO TOTAL EN DOLARES	US \$ 2,400.-	S/. 194-2336603-0-49	BCP	COSTO TOTAL EN SOLES	S/. 8,000.-	SERV. IMPORT. EXPORT FISCHER AG SAC.		PAGO 50% CON ANTICIPO Y SALDO CONTRAENTREGA		Entrega 10 días	Labora	VALIDEZ DE LA OFERTA 30 DIAS		Asesoría y Capacitación Técnico	
Producción	Según habilidades del Operario	7-12 KG/ BAC																														
Encendido	LLAVE TERMICA																															
Suministro S/ Detalle	El Imagen Tostar todo tipo de Granos MOTOR 3/4 HP MF																															
COSTO TOTAL - T/C Oficial OFERTA		PAGOS A LA SIGUIENTE CTA BCP																														
COSTO TOTAL EN DOLARES	US \$ 2,400.-	S/. 194-2336603-0-49	BCP																													
COSTO TOTAL EN SOLES	S/. 8,000.-	SERV. IMPORT. EXPORT FISCHER AG SAC.																														
PAGO 50% CON ANTICIPO Y SALDO CONTRAENTREGA		Entrega 10 días	Labora																													
VALIDEZ DE LA OFERTA 30 DIAS		Asesoría y Capacitación Técnico																														

Figura AVII.1. Proforma de tostador de cereales.

Cotización Preliminar

Importador	Sr. MIGUEL CHICAIZA e-mail: miguelchicaiza87@gmail.com (593)982007043.		
País Destino:	Ecuador	País de origen:	Perú
Consignatario:	El importador	Medio de transporte:	Ordena el Importador

Escarificador De Quinoa - EQV-25-40 I-C

Partida Arancelaria 8437109000


Aplicación

Equipo diseñado para la remoción de saponina en medio seco mediante fricción.

Imagen referencial

Descripción	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> Tolva de alimentación con visor y dosificador Cámara de escarificado por medio de paletas horizontal y tamiz. Sistema neumático por medio ventilador y receptor de saponina. Ducto de descarga frontal para la quinoa escarificada. Transmisión de fuerza de motor mediante correa y polea. Estructura que consolida motor y equipo. Costales para la recepción de la saponina. Fácil mantenimiento, limpieza, instalación y operación. 	<ul style="list-style-type: none"> Producción aproximada: 120kg/h Motor principal de 2.0HP (9.33kW) sistema neumático de 1.0HP (0.75kW). Opciones de voltaje y hertz: 220/380/440v, 50/60Hz. Monofásico Peso aproximado del equipo: 120Kg Medidas exteriores referenciales: a: 1500, t: 1100, h: 1400mm Construida en acero inoxidable AISI 304 (material en contacto con el producto), acero al carbono en la estructura.
Precio FOB US\$. 4,600.00 Dólares	

 SEDE CENTRAL:
 Av. Brigida Silva de Ochoa 384
 San Miguel - Lima
 +51.1.5661001

 info@vulcanotec.com
 www.vulcanotec.com

 PLANTA:
 Av. Coronel Parra 107
 Pícomayo - Huancayo
 +51.64.261224

Figura AVII.2. Proforma de escarificador de quinoa.

CAJO SOLANO ANGEL ALONSO
 RUC: 0201533155001
www.hornosecuador.com



Cliete:
 RUC:
 Ciudad: Ibarra
 Teléfono:
 Fecha: 22 de febrero 2017

ITEM	CAT.	COD.	DESCRIPCION	VALOR	TOTAL
	1	H-16	HORNO TURBO DE PISO DE DIESEL Línea: HARPÍA Modelo: H 16 Aplicación: Ideal para producciones medianas y grandes de la industria panadera galletería, pastelería, pizzas, merengues, dulces. Capacidad: 16 bandejas de 44x66 cm. Material: Acero Inoxidable AISI 430 /, cámara de cocción Acero Inox AISI430 de 1.5 mm de espesor y la base de la cámara está fabricada en Acero Inox AISI430 de 2 mm pulido Energía: Diésel/GLP y Electricidad: 220 Voltios Medidas: Ancho: 106 cm •Alto: 205 cm• Profundidad: 150 cm. (Incluye 2 coches de coccion y 32 bandejas lisas resistentes) Requerimientos de instalación: • Punto eléctrico. Adjunto plano • Punto de Agua. Adjunto plano • Piso nivelado	\$ 9.070,63	\$ 9.070,63
subtotal				\$ 9.070,63	
IVA 14%				\$ 1.269,89	
TOTAL				\$ 10.340,52	
TOTAL A PAGAR				\$ 10.340,52	

El costo no incluye gastos de transporte e instalación.
 La garantía del equipo es de un año a partir de la fecha de facturación.
 El cliente deberá confirmar las adecuadas unstalaciones que elequipo requiere.
 Entrega inmediata según stock.
 Cotización válida por 20 días.

Figura AVII.3. Proforma de horno de bandejas.

Mezcladora Horizontal MHV 50-I/C

Partida arancelaria 8438809000


Aplicación

- Máquina ideal para la obtención de mezclas homogéneas de todo tipo de ingredientes en sólidos de diferente granulometría (harinas, balanceados, etc.), además de mezclas con cierto porcentaje de humedad y/o grasa.

Descripción	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Tapa superior abatible para la alimentación con seguro. • Rejilla superior de seguridad (desmontable) para la carga del producto. • Cámara de mezclado con sistema de cinta de doble helicalde, una con retorno, fijada en barras verticales y suspendida en chumaceras auto centrante • Descarga del producto tipo compuerta horizontal hermética. • Transmisión de movimiento mediante correas y poleas. • Estructura que consolida máquina, motor con protectores de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de 50 Kg/batch • Tiempo aproximado de mezclado: 10min/batch (garantía de que el 100% de partículas están en movimiento) • Motor de 1.0 HP (0.74KW),. • Reductor de velocidad • Opciones de voltaje y hertz: 220/380/440v, 50/60Hz monofásico • Tablero de control de mando eléctrico • Medidas exteriores referenciales: • a:600, l:1400, h:1400mm • Peso aprox. 110Kg • Material construida en acero inoxidable calidad AISI 304 • Fácil limpieza y operación. • Disponibilidad de repuestos
Precio FOB US\$ 4,700.00 Dolares.	

Figura AVII.4. Proforma de mezcladora horizontal.