

Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Química



Título: “Diseño preliminar de una minindustria para la elaboración de harina a partir de yuca y boniato en la CPA 13 de marzo del municipio Unión de Reyes”

Autor:

Meikol Rodríguez López

Tutor:

Ing. Loretta Brito Pérez

Consultante:

Ing. Gilberto Denis Cabrera

Matanzas, 2022

Nota de aceptación

Declaración de autoridad

Yo, Meikol Rodríguez López, declaro ser el único autor de este trabajo de diploma que lleva como título: "Diseño preliminar de una minindustria para la elaboración de harina a partir de yuca y boniato en la CPA 13 de marzo del municipio Unión de Reyes", que pertenece íntegramente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Químico. Autorizo a hacer uso del mismo como material de consulta por la mencionada institución académica.

Dedicatoria

A mis padres

A mis amigos Jorge Alberto y Lázaro Pérez

Agradecimientos:

A mis padres

A mis amigos de estudios y de vida por tanta ayuda

A mi tutora

A mi consultante sin él nada hubiera sido posible

A mi grupo de amigos del aula, a todos en general y sobre todo a los que siempre me ayudaron en los estudios

A todas las personas que de una forma u otra colaboraron conmigo, a todos, muchas gracias.

Resumen

En el presente trabajo se realizó el diseño preliminar de una minindustria para la elaboración de harina a partir de yuca y boniato en la CPA 13 de marzo del municipio Unión de Reyes, a fin de asimilar los picos de cosecha y con el objetivo de sustituir importaciones. Para ello se realizó una amplia búsqueda bibliográfica, adquiriéndose los elementos necesarios para arribar a un feliz término en la realización de la propuesta.

El proyecto se basa en una metodología a partir de las etapas establecidas por Ulrich para el diseño de plantas químicas, y adaptada por Saravacos y Kostaropoulos para la industria de elaboración de alimentos. Se definieron los picos productivos de los tubérculos en los meses de cosecha.

Se determinó que el proceso sería discontinuo, se construyó un diagrama de bloques a partir de las etapas y operaciones involucradas, y se realizó la descripción del mismo.

Se determinó que el costo de inversión de la planta es de 503 812.5 CUP, con una ganancia de 285 096.68 CUP anuales, dada por un retorno del capital invertido del 56.59 % que permite que el período de recuperación de la inversión sea de aproximadamente 2 años.

Abstract

In the present work, the preliminary design of a mini-industry for the elaboration of flour from cassava and sweet potato was carried out in the CPA March 13 of the Unión de Reyes municipality, in order to assimilate the harvest peaks and with the objective of substituting imports. For this, an extensive bibliographic search was carried out, acquiring the necessary elements to arrive at a happy conclusion in the realization of the proposal.

The project is based on a methodology based on the stages established by Ulrich for the design of chemical plants, and adapted by Saravacos and Kostaropoulos for the food processing industry. The productive peaks of the tubers in the harvest months were defined.

It was determined that the process would be discontinuous, a block diagram was built from the stages and operations involved, and its description was made.

It was determined that the investment cost of the plant is 503,812.5 CUP, with a profit of 285,096.68 CUP per year, given a return on invested capital of 56.59%, which allows the investment recovery period to be approximately 2 years.

Tabla de contenido

Contenido

Introducción	1
C APÍTULO 1: Análisis Bibliográfico.	6
1.1. Pequeñas y Medianas empresas. Su definición, características, ventajas, desventajas e importancia.	6
1.1.1. Definición de PyMEs.....	6
1.1.2. Características que identifican a las PyMEs.	8
1.1.3. Ventajas y desventajas de las PyMes.	9
1.1.4. Importancia de las PyMEs.	10
1.2. Las PyMes y su interés por impulsar proyectos agroindustriales con tubérculos.	12
1.3. La yuca como tubérculo.	12
1.3.1. Aspectos de calidad de las raíces de yuca para procesamiento.	15
1.4. El boniato como tubérculo.....	19
1.4.1. Preservación del camote.....	22
1.5. Harina.	22
1.5.1. Harina de yuca.....	24
1.5.2. Harina de boniato.....	24
1.5.3. Usos de la harina de yuca y de boniato.....	24
CAPÍTULO 2. Materiales y Métodos.	26
2.1. Etapa 1: Definición de la propuesta.	26
2.1.1. Macrolocalización de la planta.....	26
2.1.2. Problema primitivo.....	26
2.1.3. Definición del tipo de proceso.	27
2.1.4. Caracterización del producto final.	27
2.2. Etapa 2: Desarrollo del diagrama de flujo.....	28
2.2.1. Etapas y operaciones del proceso.	28
2.2.2. Confección del diagrama de flujo.....	28
2.2.3. Descripción general del proceso.	29
2.2.4. Capacidad de la planta.	29
2.2.5. Balances de materia y energía.	29
2.2.6. Control de calidad y presentación.....	30
2.2.7. Características generales de la planta.....	30

2.2.8. Requisitos básicos de la instalación.	30
2.3. Etapa 3: Selección de los equipos.	31
2.3.1. Características de los equipos del proceso.	31
2.3.2. Materiales de construcción.	32
2.3.3. Variables controladas.	33
2.3.4. Selección y diseño de los principales equipos.	33
2.3.5. Limpieza de los equipos.	33
2.4. Etapa 4: Análisis económico.	33
2.4.1. Costos de inversión.	34
2.4.2. Estimación de la inversión según la metodología de Lang.	34
2.4.3. Efecto del tiempo sobre el costo de adquisición de los equipos.	36
2.4.4. Costos de producción.	37
2.4.5. Indicadores económicos del proceso productivo.	41
2.4.6. Indicadores de la eficiencia económica de la inversión.	43
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	46
3.1. Definición de la propuesta.	46
3.1.1. Macrolocalización de la planta.	46
3.1.2. Definición del tipo de proceso.	47
3.2. Caracterización del proceso tecnológico.	47
3.2.1. Capacidad de la planta.	47
3.2.2. Descripción general del proceso.	47
3.2.3. Definición de la jornada laboral.	51
3.2.4. Cantidad de operarios.	52
3.2.5. Balances de masa.	52
3.2.5.1- Resultado de los balances de masa.	52
3.2.6. Presentación del producto.	53
3.3. Selección de los principales equipos.	53
3.3.1. Selección de los materiales de construcción.	54
3.3.2. Selección de los equipos del proceso.	54
3.4. Análisis económico.	55
3.4.1. Estimación de la inversión.	55
3.4.2. Costos de producción.	56
3.4.3. Indicadores económicos del proceso productivo.	58
3.4.4. Indicadores de la eficiencia económica de la inversión.	59
Conclusiones.	62
Recomendaciones.	63

Bibliografía	64
Anexos.....	70

Introducción

A la hora de hablar de pequeñas y medianas empresas es utilizado el término PyMes. Por lo general éstas cuentan con un reducido número de trabajadores y su volumen de ingreso y negocios es relativamente pequeño en comparación con las grandes corporaciones.

Las PyMEs son la columna vertebral de las economías. Internacionalmente, ha tomado gran valor este tema en la actualidad económica para muchos países, y éstos generan interés en la instauración y fortalecimiento de empresas cada vez más capaces y profesionales como engranajes para el desarrollo de sus gobiernos. Esto queda evidenciado en el ensanchamiento porcentual que de manera considerable ha tenido la producción, el comercio y la sustitución gracias al desarrollo de las PyMEs (Pereira, 2019).

Ellas han sido evaluadas en otros modelos socioeconómicos como el método ideal para la descentralización y la aeración de la economía.

Profundizando estas miniempresas se dividen en: microempresas, que son las que poseen una lista de 10 trabajadores o menos. Las pequeñas empresas, que son las que poseen una nómina menor a 50 y las medianas empresas que estas últimas tienen un límite de 100 empleados. Todas éstas son de gran importancia por su contribución primordial a las economías nacionales: poseen impacto en la generación de empleos, producen bienes y servicios; promueven el desarrollo y mejoran la distribución de la riqueza.

Las pequeñas y medianas empresas, (Pymes), tienen exclusivo valor para las economías nacionales, no sólo por sus aportaciones a la producción y distribución de bienes y servicios, sino también por la flexibilidad de acomodarse a los cambios tecnológicos y enorme potencial de generación de empleos. Representan un excelente medio para impulsar el desarrollo económico y una mejor distribución de la riqueza (Van Auken y Howard, 1993).

Estas hoy en día constituyen la división productiva más importante en muchas economías y se puede concluir que tanto en los países desarrollados como en los países que se encuentran en proceso de crecimiento y desarrollo, este tipo

de estructura productiva es de gran importancia y significación. Son muchas las economías desarrolladas las que demuestran que parte de su crecimiento y avance económico es debido al alto índice de PyMEs presentes, y es por ello que los gobiernos de los países emergentes transforman su apreciación y comienzan a tomar medidas para robustecer este sector productivo e impulsarlo hacia un modelo de negocio más productivo y formal. (Villegas y Toro, 2010).

Nuestro país ha pasado por una serie de eventos desfavorables y complejos como fueron la covid-19, la gran explosión en la base de supertanqueros en Matanzas, entre otros que sumados con el recrudecimiento del bloqueo comercial, económico y financiero impuesto injustamente por los Estados Unidos han deteriorado aún más la economía del país. Es por ello que ha sido necesario e importante la búsqueda de alternativas para reducir y sustituir importaciones y satisfacer al mismo tiempo la demanda de la población.

En los últimos tiempos ha cobrado importante prioridad lograr la soberanía alimentaria del país, es por ello que se ha trabajado en incrementar la producción de alimentos que respalden las necesidades poblacionales.

Cuba trabaja en la puesta en marcha de estas empresas puesto que además la existencia de estas pequeñas industrias satisface las necesidades, tanto de colectivos campesinos, Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), como de otras entidades de carácter estatal. De esta manera, se erradica una de las principales problemáticas de los productores, quienes en los picos de cosecha no podían comercializar.

Estas unidades forman importantes eslabones en la cadena productiva agropecuaria, puesto que aprovechan los excedentes no comprometidos con la venta directa a la población, para transformarlos en diferentes derivados, sin que el campesino sufra pérdidas (Gómez, 2015).

A modo de resumen, se relacionan los conceptos y otros datos de las materias primas y producto terminado involucrados en el proceso industrial.

El boniato conocido como camote, proviene de la palabra náhuatl *camotli*, lo cual significa raíz blanda, y la planta posee este nombre por tener, como parte vital, la raíz y por ser ésta de consistencia blanda (Hernández, 1946).

Además, puede ser denominada batata, boniato o moniato en los países de habla castellana, es conocida en otros idiomas occidentales como: batata doce en portugués, patata douce en francés, patata dolce en italiano, batate en alemán, sweet potato en inglés. Describe que el origen de esta raíz se coloca en nuestro continente América. Y la zona más antigua en la que se han hallado batatas fósiles descubiertas por F. Engel es en las cuevas de la puna de Chilca, Perú, cuya edad determinada mediante la técnica del C-14, se remonta a unos 8.000 o 10.000 años (Folker, 1978).

Las inaugurales reseñas de la planta son atribuidas a Colón en 1492 y también a Fernández de Oviedo, el cual la describió en 1526. Es conocido también que, a la arribada de los españoles, el cultivo estaba extendido en toda Sudamérica y Centroamérica. Estos lo introdujeron a Europa y lo esparcieron hacia China, Japón, Malasia y las islas Molucas. En cambio, los portugueses lo trasladaron a la India, Indonesia y África (Basantes, 2012).

La yuca -*Manihot esculenta* Crantz- pertenece a la familia Euphorbiaceae y se han descrito aproximadamente 98 especies de este género denominado *Manihot* donde solamente la yuca es de importancia económica y es cultivada (Ceballos y De la Cruz, 2002).

La yuca recibe diferentes nombres comunes: yuca en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas, mandioca en Argentina, Brasil y Paraguay, cassava en países anglo parlantes, guacamote en México, aipi y macacheira en Brasil y mhogo en Swahili en los países de África oriental.

Las diferencias entre las yucas amargas y dulces están atribuida al contenido de ácido cianhídrico (HCN). Las yucas amargas son las que tienen el mayor contenido de HCN, poseen un mayor rendimiento y una mejor calidad de almidón. Las dulces poseen bajas concentraciones de HCN y son las preferidas para el consumo humano (León 1987, Aguilar 1991, Bonierbale et al. 1997, Ospina y Ceballos 2002).

Posee gran importancia socioeconómica para los agricultores y consumidores de pocos recursos económicos de países tropicales, puesto a que es un producto básico en su dieta alimenticia (Cock, 1984).

La harina es el polvo más o menos fino que se obtiene de la molienda de un cereal o leguminosa seca. Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es la harina de trigo elemento habitual en la elaboración del pan, también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz o de arroz. Existen también otros tipos de harinas obtenidas de otros alimentos como leguminosas (garbanzos, soja), castaña, mandioca, etc.

Una de las harinas que actualmente está en expansión es la de espelta o escanda, procedente de una especie común de trigo, un cultivo antiguo prácticamente extinguido por su bajo rendimiento y cuyo consumo se atribuía a las clases más altas. Hoy en día se ha vuelto a recuperar, por sus grandes valores nutritivos, su bajo contenido en gluten y sus numerosas cualidades culinarias.

Existen harinas de origen animal que se utilizan como aporte de proteínas, algunas de ellas obtenidas a partir de subproductos de la industria cárnica: harina de huesos, harina de sangre, harina de plumas o pelo y pezuñas, harina de pescado etc (Sifre, M. D., Peraire, M., Simó, D., Segura, A., Simó, P., & Tosca, P. 2018).

Para llevar a cabo la presente investigación se selecciona el municipio Unión de Reyes, perteneciente a la provincia de Matanzas, donde la minindustria cuenta con una producción de 39 toneladas de boniato y 37 toneladas de yuca aproximadamente.

De lo planteado anteriormente se deriva el siguiente problema:

¿Cómo elaborar harina a partir de yuca y boniato con el objetivo de sustituir importaciones en la minindustria CPA 13 de marzo en el municipio de Unión de Reyes?

Para dar respuesta al problema se plantea como hipótesis:

Si se efectúa el diseño preliminar de una PyME de producción de harina a partir de yuca y boniato que asimile el volumen de producción de dichos tubérculos en el territorio que hará posible la sustitución de importaciones y a la vez obtener un producto de calidad que satisfaga las necesidades de la población.

Por consiguiente, se define como objetivo general de la investigación:

Desarrollar la propuesta de diseño preliminar de una PyME para la producción de harina a partir de yuca y boniato que asimile el volumen de producción de dichos tubérculos en la minindustria, lo cual incrementará la oferta de este producto a la población y por ende la sustitución de importaciones.

Para dar cumplimiento al objetivo general, este se organiza en los siguientes objetivos específicos:

1. Profundizar, a partir de la bibliografía especializada, en las definiciones, características, clasificaciones, ventajas y desventajas de las PyMEs e importancia.
2. Describir el proceso de producción de la harina de yuca y boniato.
3. Realizar la selección de los principales equipos involucrados en el proceso productivo.
4. Valorar económicamente el proceso propuesto.

C APÍTULO 1: Análisis Bibliográfico.

En el presente capítulo se efectúa un análisis de las PyMEs, se muestran los fundamentos teóricos concernientes con el tema de investigación, se abordan temáticas primordiales como: sus definiciones, características, importancia, ventajas y desventajas. Además, se hace referencia a las minindustrias agrícolas, y se enfatiza en el procesamiento de tubérculos, específicamente en la elaboración de harina.

1.1. Pequeñas y Medianas empresas. Su definición, características, ventajas, desventajas e importancia.

1.1.1. Definición de PyMEs.

Las pequeñas y medianas empresas mejor conocidas como PyMEs, acrónimo utilizado a la hora de referirse a ellas, son empresas con rasgos distintivos, y poseen dimensiones con ciertos límites ocupacionales y financieros determinados por los Estados o regiones. Detallar con claridad y precisión a las micro, pequeñas y medianas empresas constituye actualmente una prioridad. Esto es debido a que las ventajas del acceso a los programas y mecanismos nacionales e internacionales en apoyo de éstas, únicamente favorecen a las empresas que sean auténticas PyMEs, sin el poder económico de los grandes grupos (Tamiani, 2009).

Para ello, en los países donde militan empresas de este prototipo se caracterizan y delimitan según aspectos como el número de empleados, el volumen de producción, las ventas anuales, la inversión en planta y maquinaria, etc.; todo ello en función de las características propias de cada región (Unión Europea, 2005).

El significado detrás de la palabra “Pyme” es el de “pequeña y mediana empresa”. Generalmente se concibe como Pyme una empresa de facturación moderada con poco personal. El concepto engloba varias acepciones según los diferentes lugares del mundo donde se lo aplique. Dichas diferencias surgen a causa de los aspectos que pueden diferir, o no, entre países.

Sumado a esto, las organizaciones internacionales, las diferentes instituciones y hasta cada congreso o convención puede llegar a tener su propia definición de

“Pyme”. De igual manera, resulta casi lógico que no se haya podido aunar criterios de manera global, ya que la economía de los distintos países provoca que el concepto cobre dimensiones nuevas, y un significado directamente relacionado con las empresas a evaluar (Tamiani, 2009).

No existe una definición única, uniformemente aceptable, de una empresa pequeña.

Las PyMEs son entidades independientes, erigidas para ser rentables, que no imperan en la industria a la que corresponden, cuya venta anual en valores no excede un determinado tope y la cantidad de personas que la integran no supera cierto límite. Como toda empresa, tienen ambiciones, producciones, bienes materiales y capacidades técnicas y financieras, todo lo cual les permite enfocarse a la producción, transformación y/o prestación de servicios para satisfacer categóricas necesidades y deseos existentes en la sociedad (Galicia, 2017).

Con motivo de incentivar la economía, los países emergentes inician el direccionamiento de mecanismos por medio de los cuales se comienzan la creación de programas para fortalecer e incentivar el emprendimiento. Son las PyMEs como fuerza productiva las que acuden y participan en aquellas nuevas políticas para fortificar y concretar sus planes de negocio.

Es importante enfatizar que el volumen de pequeñas y medianas empresas en cualquier país es normalmente alto, ejemplo de ello es en España donde supera el 98% del tejido empresarial. Es por esto que son consideradas como el primordial motor de empleo y creadores de riqueza, puesto que dan trabajo y actividad económica a una gran parte de la población. Sin embargo, a causa de su pequeño tamaño, encuentran usualmente dificultades a la hora de competir con grandes empresas (Westreicher, 2015).

Aunque habitualmente se apoya en la utilización, individual o conjunta, de dos criterios: número de trabajadores y facturación, la definición de PyMEs varía por países. Puesto que la información alusiva al empleo es más fácil de obtener, en la práctica este es el criterio más utilizado. En los países de la Unión Europea y gran parte de los de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el límite máximo para la consideración de una empresa

como PyME se sitúa en los 200 o 250 empleados. Las particularidades más significativas son Japón, que fija el límite máximo en 300 trabajadores, y Estados Unidos que lo hace en 500 trabajadores (ILO, 2015).

Es permisible diferenciar cada tipo según la cantidad de trabajadores y su volumen de negocio. Las microempresas disponen de menos de 10 trabajadores, en Europa, con un límite de 2 millones de euros para el volumen de negocios y el balance general. Para cualesquiera de los efectos, se concibe por microempresas, incluidas las empresas familiares pequeña y mediana, todo bloque de explotación económica, perpetrado por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicio, rural o urbano, que responda a los parámetros mencionados. Las pequeñas empresas tienen entre 10 y 49 trabajadores y un volumen de negocios inferior a los 10 millones de euros. Las medianas empresas poseen entre 50 y 249 trabajadores. El límite del volumen de negocios asciende hasta 50 millones de euros, y el del balance general, hasta 43 millones de euros según García (2012).

La definición de pequeñas y medianas empresas puede estar sujeta a cambio según los diferentes contextos históricos y económicos en los que se encuentre, por ello se les puede considerar a aquellas que posean menos de 20 personas en su nómina a las pequeñas, y entre 20 y 500 a las medianas. Pero no existe una única definición debido a la utilización de diversos criterios que las categorice (Carranco, 2017).

Según la agencia Prensa Latina en la Isla se supera las cuatro mil mipymes privadas aprobadas. El Ministerio de Economía y Planificación (MEP) de Cuba informó la incorporación de 107 mipymes privadas y una cooperativa no agropecuaria (CNA), por lo que las cifras totales subieron a 4 mil 205 nuevos actores económicos.

1.1.2. Características que identifican a las PyMEs.

Las principales características de las PyMEs según Gómez (2008) son:

Están en proceso de crecimiento, la pequeña tiende a ser mediana y aspira a ser grande. Dominan y abastecen un mercado más amplio, aunque no necesariamente tiene que ser local o regional, ya que muchas veces llegan a

producir para el mercado nacional e incluso para el mercado internacional. Utilizan más maquinaria y equipo, aunque se sigan basando más en el trabajo que en el capital. Los propios dueños dirigen la marcha de la empresa; su administración es empírica. Tienen capital proporcionado por una o dos personas que establecen una sociedad. Obtienen algunas ventajas fiscales por parte del Estado que algunas veces las considera causantes menores dependiendo de sus ventas y utilidades. Falta de solvencia (referida a los recursos): Las PyMEs carecen de recursos. Y dominan y establecen un mercado más amplio.

A modo de resumen, generalmente las PyMEs poseen las siguientes características según (Pozo 2007):

En cuanto a producción y tecnología la mano de obra poco calificada generalmente, uso de maquinaria anticuada, producción en pequeña y mediana escala, baja productividad y los bajos niveles de actividad no permiten aprovechar las ventajas de las economías de escala.

En cuanto a gestión y organización no realizan proyecciones financieras, no llevan registros contables, habitualmente se trata de sociedades familiares, operan con frecuencia al margen de requisitos legales y formales, muestran limitaciones para implantar y certificar sistemas de gestión de la calidad y la dirección personal hace que se renuncie generalmente a la delegación de funciones.

En cuanto a mercado no realizan campañas de publicidad, muestran una posición de debilidad en la negociación con proveedores y clientes, poca capacidad de gestión para desarrollar actividades de exportación, acceden a mercados locales detallistas que atienden a grupos de menores ingresos y están muy orientadas a la producción y por lo tanto sin enfoques a la comercialización.

1.1.3. Ventajas y desventajas de las PyMes.

Es algo muy común en el mundo que, por su estructura, las Pymes tengan algunas ventajas entre las que se destacan: la gran capacidad para coordinar un reducido grupo de recursos humanos, la posibilidad de concentrarse en productos en los que se tenga máxima competitividad de acuerdo con las tendencias del mercado; la facilidad de adaptación a los cambios y

oportunidades de la demanda; las contribuciones para una mejor distribución de ingreso a favor de los segmentos bajos de la población; la agilidad para satisfacer demandas de consumo, de materias primas o servicios, para las necesidades provenientes de grandes y medianas empresas; requerimientos del sector público sobre todo en el marco de la descentralización y la flexibilidad en el manejo de costos frente a escalas de producción (Pozo 2007).

Las Pymes también tienen inconvenientes: problemas de escasez de recursos para una asignación que les brinde igualdad de oportunidades frente a otras empresas, el difícil acceso a la información sobre procesos técnicos productivos; la desventaja competitiva por la baja escala de producción y las limitaciones de productividad; la débil agremiación y representatividad frente a una limitada atención del Estado, y la carencia de mecanismos de créditos apropiados, ágiles, suficientes y oportunos (Gómez, 2008).

1.1.4. Importancia de las PyMEs.

La creación de un importante sector privado constituye un elemento fundamental en la transformación política y económica de cualquier país en transición. Las Pymes representan, a pesar de la escasa atención que reciben por parte de los hacedores de políticas y controversialmente, una de las más importantes fuerzas en el desarrollo económico, y principalmente en los países en vías de desarrollo. Además, pueden realizar productos individualizados en contraposición con las grandes empresas que se enfocan más a productos más estandarizados (Vargas y Hernández, 2012).

También existen actividades productivas donde es más conveniente trabajar con empresas pequeñas, como es el caso de las cooperativas agrícolas.

Las pequeñas y medianas empresas desempeñan un papel primordial en la economía de todos los países y pueden llegar a constituir el asiento económico de muchas naciones, generando innovación, empleo, competitividad y crecimiento económico global (Álvarez y Durán, 2009).

Según Álvarez y Durán (2009), los beneficios más relevantes para la actividad económica, a partir del aporte de las Pymes, están dados principalmente por:

Estimulación a la actividad privada. Desarrollo de destrezas emprendedoras. La elasticidad que les cede a las Pymes adaptarse a cambios en la demanda y la

oferta. Constituyen una importantísima fuente creadora de empleo. Auxilian a la variación de la actividad económica, además de realizar un importantísimo aporte a las exportaciones y al comercio.

Las políticas para el desarrollo de las Pymes deben sortear importantes obstáculos como:

- Falta de legislación.
- Falta de promoción e infraestructura suficientes.
- Falta de crédito y medios de financiación.
- Falta de instrumentos de capacitación a medida de sus necesidades.

Desde el punto de vista estratégico, las razones que justifican el desarrollo de políticas para las Pymes son:

- Optimizan la competitividad en el mercado, y moderan las visiones monopólicas de las grandes corporaciones, además realizan una importante contribución a los programas de desarrollo regional y en el aporte de servicios para la comunidad.
- Favorecen al crecimiento del empleo en tasas más ascendentes que las grandes corporaciones y pueden ser una herramienta atrayente para reformar las empresas estatales.
- Pueden actuar como un apoyo para la actividad emprendedora y la innovación y aportan mayor flexibilidad en la producción de bienes y servicios a la economía en términos agregados.

La capacidad innovadora constituye sin lugar a dudas una de las características más interesantes de las Pymes.

Para Luna (2012), las pequeñas y medianas empresas suministran una de las mejores opciones para la independencia económica, por ello podemos decir que este tipo de empresas constituyen una gran oportunidad, mediante la cual los grupos en desventaja económica pueden iniciarse y fortalecerse por sus propios méritos.

Entre otros factores, la importancia de las PyMEs radica, en su capacidad para crear empleos, en su flexibilidad para acrecentar las ofertas y en su destreza

para adaptarse a ámbitos que son necesarios promover dentro de un programa que tome en cuenta el desarrollo geográfico equilibrado. El sector de la industria pequeña y mediana representa una parte importante en el desarrollo y crecimiento de los países.

1.2. Las PyMes y su interés por impulsar proyectos agroindustriales con tubérculos.

El boniato o camote (*Ipomea batatas*) y la yuca (*Manihot esculenta*) son productos característicos de la gran franja del trópico y forman parte de la dieta diaria de las personas que viven en estas regiones. Sin embargo, debido a las facilidades del comercio actual dadas de la mano con las nuevas generaciones, se ha llevado a la experimentación con nuevos productos, apartando un poco el consumo tradicional de estas raíces. Los productos que son obtenidos del almidón que se extrae de estas raíces han captado la atención de muchos profesionales de esta área de los alimentos y esto se debe a su gran valor nutricional, su accesibilidad y sobre todo su gran valor nutricional (Vargas y Hernández, 2012).

Para promover proyectos agroindustriales de yuca en diversas zonas del país y del mundo, ha estimulado un marcado interés por parte de entidades públicas y privadas las perspectivas de incrementar el consumo de la yuca y sus productos derivados. Es por ello que uno de los sectores de mercado que ha mostrado mayor actividad es el que utiliza la yuca en forma de harina como un sustituto parcial o total de otros productos, como lo son las harinas de maíz o trigo entre otras.

El veloz incremento urbano en los países de América Latina y el Caribe ha aumentado la demanda de estos alimentos procesados, donde la harina de yuca puede adquirir un mayor valor agregado.

1.3. La yuca como tubérculo.

La yuca se caracteriza por sus raíces amiláceas y es una raíz de crecimiento perenne. El ciclo de desarrollo, desde la siembra hasta su cosecha, depende de las condiciones ambientales, y es más breve en áreas cálidas generalmente de

9 hasta 12 meses y más extenso en zonas más frías o más altas, pudiendo durar hasta 24 meses. Esta se encuentra entre los 30° de latitud norte y sur, y por lo general, su cultivo es en suelos pobres donde la precipitación es mayor de 750 mm por año (Gallego y García, 2015).

La materia prima para el proceso de producción de harina de yuca son las raíces tuberosas de la planta de yuca.

Según Gallego y García (2015), las raíces de yuca cuentan con varias partes entre ellas la cáscara la cual está formada por la liga de la corteza y del peridermo. Debajo de este último encontramos la corteza o capa cortical, la cual puede ser de color blanco, crema y rosado, y que tiene 1.2 mm de espesor. Son las células muertas de corcho que rodean la superficie de la raíz las que componen el peridermo y, sus características más comunes son lo lisa o rugosa que puede ser su textura y sus colores básicos, donde el más común es el café oscuro.

También encontramos la llamada parénquima que es la pula y constituye la parte utilizable de la raíz. Esta masa sólida posee una gran cantidad de almidón en forma granulada y redonda que presentan un tamaño variado.

Por último, en el centro de la raíz podemos encontrar las fibras centrales, que son formadas por las hileras de vasos duros presentes, donde por causa de las condiciones en las que la planta se desarrolle y su variedad, sus características como la longitud, la dureza y el grosor pueden presentar diversidad.

La yuca presenta un valor nutritivo. El principal alimento animal que ofrece la yuca es el almidón de las raíces. Los carbohidratos solubles constituidos por almidones y azúcares son los componentes principales del Extracto No Nitrogenado-ENN de la raíz de yuca, donde almidón constituye el 80% de dicho extracto.

Generalmente el nivel de fibra cruda en la yuca presenta pequeñas diversificaciones según la variedad de la yuca o edad de la raíz, donde es común que el valor no sobrepase del 1.5% en la raíz fresca y del 4% en harina. Los nutrientes grasos están constituidos principalmente por galactosil-diglicéridos y ácidos grasos saturados y se encuentran en agrupaciones mínimas en la raíz de la yuca. Por otra parte, la raíz de yuca muestra valores de energía digestible de

3.296 Kcal/kg y por otro lado las hojas tienen un contenido de Proteína Cruda-PC de 30.15% y una digestibilidad del 58% con un nivel de Fibra Detergente Neutra-FDN de 41.5% (ARAUJO et al, s.f).

La energía metabolizable en los productos frescos se diluye debido al elevado contenido de humedad de las raíces de yuca, mientras que en los secos no es así, es por ello que en la mayoría de los animales monogástricos el uso de los productos frescos está limitado. En la raíz son mayores las concentraciones de Fósforo, mientras que en el follaje es mayor la de Calcio y el contenido de vitaminas y minerales de las raíces es mínimo.

Según (Cock, 1989), la yuca tiene diversos efectos benéficos para la salud como puede ser para el tratamiento de la anemia de hematíes falciformes, debido al aumento de los niveles de tiocianato en la sangre por la ingestión de la yuca, entre muchos otros.

La desventaja más importante de esta raíz la constituye su perecibilidad y su toxicidad, y la solución a esto está dada mediante la cocción y el procesamiento de la yuca.

La materia prima es el renglón que tiene la mayor incidencia dentro de los costos totales del producto final en la producción de la harina de yuca de alta calidad. Por lo tanto, es importante definir las características o aspectos que regulan su calidad.

Al proceso mediante el cual éstas se seleccionan y se manejan adecuadamente se le denomina control de calidad en las raíces frescas, con el fin de obtener un producto (harina de yuca) que responda a los patrones de calidad establecidos por los consumidores finales (Cock, 1989).

Cada variedad de yuca presenta características propias que tienen que ver con sus aspectos físicos (forma, tamaño, color de parénquima, etc.) y sus características químicas (contenido, calidad y tamaño del gránulo de almidón, contenido de materia seca y cianuro, etc.). Estas características de la raíz fresca le imprimen al producto final unas cualidades que determinan su comportamiento específico, dependiendo de la categoría de alimento donde se requiera incluir.

Según ARAUJO (et al, s.f), las características que se consideran de mayor importancia en la calidad química de las raíces para la producción de harina de yuca, son:

- Contenido de humedad o materia seca.
- Contenido de cianuro.
- Contenido y calidad del almidón.

Por otro lado, en la calidad física de las raíces, se tienen en cuenta:

- Raíces con deterioros fisiológicos o microbianos.
- Raíces pequeñas o raicillas, pedúnculos o materiales extraños (tierra, piedras, hojas, tallos, etc.)
- Raíces con ataques de plagas y enfermedades o con presencia de residuos tóxicos.

Conocido también como batata o boniato, el camote tiene una larga historia como salvavidas. El camote rinde bien bajo un amplio rango de condiciones. Es idóneo para las plantaciones de pequeña escala, especialmente en las áreas marginales. Es usado en la alimentación animal y en la industria, para producir hojuelas, almidón, licor, harina y una variedad de productos procesados.

1.3.1. Aspectos de calidad de las raíces de yuca para procesamiento.

En la producción de la harina de yuca de alta calidad, la materia prima es el renglón que tiene la mayor incidencia dentro de los costos totales del producto final. Por lo tanto, es importante definir las características o aspectos que regulan su calidad.

El control de calidad en las raíces frescas puede definirse como el proceso mediante el cual éstas se seleccionan y se manejan adecuadamente, con el fin de obtener un producto (harina de yuca) que responda a los patrones de calidad establecidos por los consumidores finales (Gallego y García, 2015).

Cada variedad de yuca presenta características propias que tienen que ver con sus aspectos físicos (forma, tamaño, color de parénquima, etc.) y sus características químicas (contenido, calidad y tamaño del gránulo de almidón, contenido de materia seca y cianuro, etc.). Estas características de la raíz fresca

le imprimen al producto final unas cualidades que determinan su comportamiento específico, dependiendo de la categoría de alimento donde se requiera incluir (Vargas y Hernández, 2012).

El mercado al que se dirige un producto debe dar las directrices que permitan elegir la materia prima que mejor se ajuste a los requerimientos del consumidor. Para el mercado de la harina de yuca, la calidad de la materia prima está relacionada directamente con la variedad usada y su edad de cosecha (calidad química). También se tienen en cuenta algunos aspectos físicos y de sanidad al momento de la cosecha o compra de la materia prima (calidad física).

Según Gallego y García (2015), las características que se consideran de mayor importancia en la calidad química de las raíces para la producción de harina de yuca, son:

- Contenido de humedad o materia seca.

- Contenido de cianuro.

- Contenido y calidad del almidón.

Por otro lado, en la calidad física de las raíces, se tienen en cuenta:

- Raíces con deterioros fisiológicos o microbianos.

- Raíces pequeñas o raicillas, pedúnculos o materiales extraños (tierra, piedras, hojas, tallos, etc.)

- Raíces con ataques de plagas y enfermedades o con presencia de residuos tóxicos.

A continuación, se detalla cada una de las características anteriores con el fin de orientar su utilización para la producción de harina de yuca de alta calidad.

a. Contenido de humedad o materia seca.

La humedad inicial de las raíces es una de las variables que determinan la cantidad de raíces frescas (materia prima), que se necesita para producir cierta cantidad de harina refinada. En este caso, los modelos financieros han demostrado que la humedad inicial es un aspecto determinante que se debe manejar cuidadosamente para obtener una buena rentabilidad del proceso.

b. Contenido de cianuro.

La yuca contiene dos principios anti-nutricionales, dos glucósidos cianogénicos conocidos como lotaustralina y linamarina, que se hidrolizan en presencia de linamaraza para dar ácido cianhídrico (HCN) o prúsico en cantidades que pueden llegar a ser mortales. El 90% aproximadamente del ion cianuro se encuentra en forma de glucósido (linamarina o cianuro ligado). El porcentaje restante, está constituido principalmente por el cianuro libre y lotaustralina. La reacción que libera el HCN ocurre comúnmente cuando la estructura celular de los tejidos de la base se rompe por acción mecánica al momento de la cosecha y trozamiento.

Las “yucas dulces” son variedades que presentan bajos contenidos de HCN, por eso son las más recomendables para el mercado fresco.

c. Contenido y propiedades del almidón.

El alto contenido de almidón de la yuca y su mayor proporción de amilosa, en comparación con otras fuentes de almidón, hace de este un importante cultivo industrial además de ser un cultivo alimenticio rico en calorías. El almidón de yuca es la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz, pero por delante de la papa y el trigo. Se usa principalmente sin modificar, es decir, como almidón nativo, pero también es usado modificado con diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios del pH y temperatura, gelificación, dispersión y de esta manera usarlo en diferentes aplicaciones industriales que requieren propiedades particulares.

Para apreciar el potencial del uso industrial y alimenticio de la harina de yuca es fundamental comprender las propiedades funcionales del almidón. Estas propiedades están influenciadas por factores genéticos (diferencias varietales) y por factores como la edad de la planta, la época de cosecha, la fertilidad del suelo y la precipitación, entre otros aspectos.

Las características funcionales de los almidones son: solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, tendencia a retrogradar, propiedades de la pasta (viscosidad, consistencia, estabilidad del gel, claridad y resistencia al corte, formación de película), digestibilidad enzimática y capacidad de emulsificación.

d. Raíces con presencia de deterioro fisiológico o microbiano.

Las raíces de yuca fresca se deterioran muy rápidamente después de la cosecha. Por esta razón, principalmente, las pérdidas postcosecha superan más del 30%.

Los síntomas de deterioro de las raíces generalmente ocurren en los tejidos parenquimatosos y los haces xilógenos y se manifiestan por cambios en la coloración de los tejidos. Las investigaciones realizadas han permitido definir dos tipos de deterioración de las raíces de la yuca después de la cosecha: una deterioración fisiológica o primaria y una deterioración microbiana o secundaria.

Deterioro fisiológico: El deterioro fisiológico o primario se inicia durante las primeras 48 horas después de la cosecha y su sintomatología consiste básicamente en una desecación de color blanco a café, que normalmente aparece en forma de anillo en la periferia de la pulpa. Además, se presentan zonas con estrías azul-negras, constituidas por vasos de xilema deteriorados, los cuales se pueden observar fácilmente en cortes longitudinales de las raíces afectadas.

Deterioro microbiano: El deterioro microbiano o secundario ocurre después del deterioro fisiológico y consiste en pudriciones causadas por hongos y bacterias que actúan como patógenos de las heridas.

Por lo general, se presenta en cualquier parte de la raíz después de 5 a 7 días de realizada la cosecha, lo cual depende de la intensidad de los daños físicos ocasionados a las raíces en el momento de la cosecha y de la capacidad de la flora microbiana del suelo y del medio ambiente para metabolizar el almidón de las raíces. El síntoma inicial del deterioro microbiano es un estriado vascular semejante al observado en los tejidos con deterioro fisiológico, pero posteriormente se transforma en una pudrición húmeda con fermentación y maceración de los tejidos.

e. Raicillas, pedúnculos o materiales extraños.

Las raicillas tienen diámetros menores a 2 cm, y en ellas la proporción de tocón y cáscara es mucho mayor que la proporción en las raíces normales. Además, el contenido de materia seca es menor en 5 o 7% que el valor de las raíces más gruesas. El empleo de este material para la producción de harina de yuca implica factores de conversión mayores de 2.8 y trozos secos con contenidos altos de

fibra por la cantidad de cáscara. Adicionalmente, cuando las raicillas son muy delgadas deben eliminarse del proceso, porque traban la máquina picadora; además, como la picadora no alcanza a reducirlas de tamaño su secado es muy demorado.

Hay otro material que influye sobre la cantidad de fibra del producto final: el tocón o pedúnculo, que es la parte leñosa que une la raíz al tallo. Es muy importante que el proveedor de las raíces frescas, entregue el material desprovisto de esta parte. En zonas donde es difícil llegar a este acuerdo, se podría pagar un sobre precio para estimular esta práctica. Los tocones muy grandes pueden dañar las máquinas en las etapas de picado o molienda. Este percance, en regiones alejadas de talleres mecánicos podría parar el proceso por varios días.

Cuando se habla de materiales extraños se refiere a la presencia de tierra, piedras, material leñoso, hojas y cualquier material que no sea una raíz de yuca. La aceptación de un porcentaje alto de este material trae consigo la elevación del factor de conversión. Este factor no sólo depende de la humedad inicial de las raíces, sino de cualquier materia que se elimine durante el procesamiento.

f. Raíces con ataques de plagas y enfermedades o con presencia de residuos tóxicos.

Durante el período vegetativo de la planta, las raíces permanecen expuestas al ataque de diversos agentes. Un ejemplo de esto es la nodulación y manchado de las raíces debido al ataque de nematodos que ocasionan la aparición de nódulos o protuberancias en la superficie de las raíces. Otro ejemplo es el ataque de bacteriosis que genera manchas parduscas en el parénquima. Al remover la cutícula de las raíces que han sido atacadas por la chinche subterránea de la viruela, se ven puntos de color marrón-negro que corresponden a los sitios donde el insecto inserta su estilete, convirtiéndose en puntos de entrada de microorganismos.

1.4. El boniato como tubérculo.

El camote o boniato tiene lo que los botánicos llaman un centro secundario de diversidad genética (áreas geográficas donde el cultivo evolucionó separadamente de sus ancestros americanos). En Papua Nueva Guinea y en

otras partes de Asia, se encuentran muchos tipos de camote genéticamente distintos de los hallados en las áreas de origen. La forma como llegaron al sudoeste del Pacífico es tema de debate. Algunos científicos creen que los exploradores europeos lo llevaron en los albores de la conquista española de América Latina; otros se inclinan a pensar que mucho antes de que ello ocurriera, el camote cruzó el Pacífico moviéndose de una a otra isla, a bordo de las embarcaciones de los indígenas. En la actualidad, los habitantes de las islas del Pacífico se cuentan entre los principales consumidores per cápita de camote en el mundo (Esther, 2008).

Los científicos creen que el camote fue domesticado hace más de 5000 años. Existe aún mucha controversia acerca de si fue domesticado en América Central o del Sur, aunque evidencias recientes sugieren que podría haber sido en la primera. Este cultivo fue introducido en China a fines del siglo XVI. Debido a su naturaleza robusta, amplia adaptabilidad ya que el material de siembra puede multiplicarse rápidamente a partir de unas cuantas raíces, el camote se expandió a Asia, África y América Latina durante los siglos XVII y XVIII y actualmente crece en más países en desarrollo que ningún otro cultivo de raíces (Vargas y Hernández, 2012).

Según Esther (2008), la gran variedad de camote conocido con su nombre científico como *Ipomoea batata*, puede ser de dos tipos húmedo y seco, entre los húmedos están: las de pulpa anaranjada o salmonada, y la de pulpa amarilla. Entre los de tipo seco están los de pulpa blanca o cremosa, pulpa amarilla o colorada y pulpa morada. Y entre otras están la criolla amarilla, brasilera blanca, criolla blanca o manteca, brasilera colorada o forrajera, tucumana lisa, tucumana morada, centenal, jewel y Georgia jet, estos tipos de camotes se diferencian en su color, hoja tallo, flores y su composición química.

El boniato constituye un alimento importante, fundamentalmente como fuente de carbohidratos dentro de la dieta del pueblo cubano. Se caracteriza por ser un cultivo con mayor rango de adaptación y estabilidad a las variadas condiciones climáticas de la isla de Cuba, particularmente por su poca exigencia en cuanto a la fertilización y otros aspectos agrotécnicos. Tradicionalmente, el boniato era un cultivo que solamente se encontraba entre agricultores pequeños para el autoconsumo y comercialización en el mercado interno. Después de 1959 se

crearon empresas estatales dedicadas a la producción agrícola y comenzó el desarrollo de este cultivo en grandes áreas.

El boniato es el quinto cultivo alimenticio más importante en Cuba después del arroz, papa, bananos y yuca, según los datos de la FAO (FAOSTAT, 1999).

Debido a su versatilidad y adaptabilidad, el camote es el séptimo cultivo alimenticio más importante del mundo, después del trigo, arroz, maíz, Papa, cebada y yuca. Más de 133 millones de toneladas de batata se producen globalmente cada año. El continente asiático es el principal productor de camote o batata, con 125 millones de toneladas de producción anual. De China procede el 90 % de la producción total (117 millones de toneladas) cerca de la mitad de la batata producido en Asia es usado para la alimentación animal, tanto en forma fresca como en productos procesados (CLAYUCA, 2003).

En contraste, aunque los agricultores africanos producen solamente alrededor de 7 millones de toneladas al año, gran parte de la producción es dedicada al consumo humano. Los rendimientos africanos son absolutamente bajos, aproximadamente un tercio de los rendimientos asiáticos, pero indican el enorme potencial de crecimiento futuro (CLAYUCA, 2003).

Según Argenti (1999), la batata es un cultivo altamente rendidor, con producciones entre 10 y 50 ton 1 ha y un rendimiento promedio entre 6.2 y 6.8 toneladas, destinadas para consumo humano. De este producto se puede aprovechar la raíz y el follaje. Es altamente digestible, rico en carbohidratos solubles y contiene vitaminas en cantidades suficientes para cubrir parcialmente los requerimientos nutricionales de los cerdos. Se considera uno de los cultivos energéticos más completos. Además, se pueden obtener dos ciclos 1 año, es de fácil propagación y se adapta a diferentes ecosistemas. Posee un contenido de proteína en la raíz de 2,8 a 9 % dependiendo de la variedad y de 17 % en el follaje.

El valor energético está entre 3.160 y 3.220 kcal/ED 1 kg de MS, equivalente a 90 y 96 % de lo aportado por la yuca y el sorgo, respectivamente. Un contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) de 88,6%; 3,2% de fibra cruda; 3,5% de ceniza y 0,04 % de fósforo disponible (ARGENTI y ESPINOZA, 1999).

En la actualidad, se cultiva en 82 países en desarrollo. China es el primer productor, con más de 121 millones de toneladas (el 92% de la producción global total), y un rendimiento de 17 toneladas por hectárea. En América Latina, destacan en producción Brasil, Argentina, Perú, Cuba y Haití. En Cuba es considerado un cultivo de primera necesidad.

Debido a su versatilidad y adaptabilidad, el camote es el séptimo cultivo alimenticio más importante del mundo, después del trigo, arroz, maíz, papa, cebada y yuca. Más de 133 millones de toneladas se producen globalmente cada año. El continente asiático es el principal productor de camote, con 125 millones de toneladas de producción anual. De China procede el 90 por ciento de la producción total (117 millones de toneladas). Cerca de la mitad del camote producido en Asia es usado para la alimentación animal y el remanente es usado principalmente para el consumo humano, tanto en forma fresca como en productos procesados (Raudez y Pobeda, 2004).

1.4.1. Preservación del camote.

- a. Si el camote está fresco, debe limpiarse bien y separar los sanos de los que tengan algún tipo de daño, debiendo estos últimos, usarse lo antes posible.
- b. Los camotes sanos podrán guardarse en un lugar húmedo, con una temperatura sobre 25 o C, durante 4 a 5 días. En este período, los camotes desarrollarán una capa de células protectoras sobre las áreas dañadas y se pondrán más dulces.
- c. Cuando el camote es comprado "fuera de estación," se supone que ya ha sido almacenado, por lo tanto, no se recomienda guardarlo por períodos largos.
- d. Es conveniente seguir las instrucciones del inciso (b), ya que el almacenamiento del camote a temperatura ambiente, causará su deshidratación, y en el refrigerador producirá congelamiento de la pulpa y pérdida del sabor.

1.5. Harina.

Hay datos muy antiguos que revelan el uso de este producto en Asia, Europa, América y más continentes. Lo que varía en cada territorio es el cereal o cereales

utilizados para su fabricación, por ejemplo, en el continente americano se utilizó maíz para su preparación y en Asia se utilizó trigo. En la antigüedad, varios pueblos consumían harina integral, utilizando granos de trigo integral, que se molían usando piedras (Vargas y Hernández, 2012).

Un hecho que muestra el antiguo uso de la harina es el registro de hace más de 8,000 años, que muestra que 6,000 años antes de Cristo, este producto ya se usaba. Fueron los romanos quienes crearon las primeras máquinas con las que fue posible comenzar a producir este polvo en cantidades considerables. Pero además de estos hechos interesantes, existen otros que hicieron que este producto evolucionara, dando mayor aporte a la salud. En 1930 la harina comenzó a enriquecerse con nutrientes como el hierro o la riboflavina. Ya en los años 90, la vitamina conocida como ácido fólico se agregó a este importante producto (Esther, 2008).

En cuanto a su producción, se sabe que en sus inicios utilizaba piedras, después de las losas lanzadas por los animales y hoy en día se utiliza maquinaria industrial moderna, molinos, que integran sistemas avanzados, permitiendo generar un producto más refinado para el siglo XX.

Según Cock (1989), la harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es harina de trigo, también se hace harina de otros cereales como centeno, cebada, avena, maíz, arroz... y existen también otros tipos de harinas obtenidas de otros alimentos como leguminosas (garbanzos, soja), castaña, mandioca, etc.

La harina puede contener mayor o menor proporción del grano entero, según se deseche mayor o menor cantidad de salvado y germen. La proporción de grano entero que se utiliza para obtener la harina se denomina grado de extracción. Cuando hablamos de un 90 % de grado de extracción se trataría de una harina que contiene un 90 % del cereal completo y se ha desechado un 10% de salvado y germen. Por lo tanto, una harina integral sería una harina con el 100% de extracción (Cock, 1989).

La puesta en marcha de un proyecto de este tipo para la producción de harina de yuca y boniato en nuestro país, traería consigo un importante y necesario

método de aliviar las cantidades de toneladas de harina que son importadas al territorio nacional, por lo que esto representaría un aporte clave a las sustituciones de importaciones que constantemente aumentan en la industria alimentaria de Cuba.

1.5.1. Harina de yuca.

La harina de yuca presenta un color blanco con una textura suave. No posee olores ni sabores extraños, además se usa como espesante en salsas o como harina en la elaboración de panes y repostería entre otros usos. Esta harina es rica en hidratos de carbono. Además, la harina de yuca tiene buenas calidades espesantes por lo que puede ser un buen recurso en la cocina.

1.5.2. Harina de boniato.

La harina de boniato el color naranja se debe a la cantidad de betacarótenos, pigmentos que aportan muchos beneficios para la salud. Su sabor es un poco dulce, y no contiene gluten, con lo que esta harina te dará muchas posibilidades en la cocina, este sabor estaría a medio camino entre la patata y la calabaza. Su uso en pastelería es cada vez más común, sobre todo en alta pastelería. Como otros tubérculos, su uso para elaboración de cremas y sopas también está muy extendido.

1.5.3. Usos de la harina de yuca y de boniato.

La producción de harina destinada al consumo humano, es de gran importancia a nivel nacional e internacional, ya que puede constituirse en una materia prima de especial interés para numerosas industrias de alimentos.

Las harinas de yuca y boniato son usadas para el consumo humano en la industria de la panificación, en la preparación de harinas compuestas trigo–yuca para la elaboración de pan y galletas, fideos y macarrones, como relleno para carnes procesadas; como espesante de sopas deshidratadas, condimentos, papillas y para la elaboración de harinas precocidas y mezclas instantáneas, entre otras (Ospina y Ceballos, 2012).

En la siguiente tabla se presentan algunas de las aplicaciones de estos tipos de harinas para el desarrollo de diferentes productos alimenticios y de uso industrial.

Tabla 1: Usos de la harina de yuca y boniato.

Mercado	Producto	Materia prima sustituida	Sustitución	Ventajas
Alimentos	Panadería	Harina de trigo	5–100	Menor costo
	Mezclas para coladas y sopas	Harinas de trigo, arroz, maíz y plátano	10–40	Mayor rendimiento
	Snacks	Harinas de trigo, arroz y maíz	100	Menor costo
	Carnes procesadas	Harina de trigo, almidones	50	Mejor calidad
Industrial	Cerveza	Almidón de maíz, harina de arroz, jarabe de maltosa	50–100	Menor costo
	Adhesivos	Almidón de maíz y papa	30–100	Menor costo
	Plásticos biodegradables	Almidón de maíz y papa	70	Mejor estabilidad estructural

Fuente: Gallego y García (2015).

Conclusiones parciales.

1. Dadas las diferencias de criterios las PyMEs resultan complejas de definir, estos criterios varían en dependencia de la cantidad de empleados, el volumen de ventas, el sector de la economía y el país en que se desarrolle la actividad, entre otros factores.
2. Las pequeñas y medianas empresas cumplen un importante papel en la economía de todos los países, y llegan a constituir la base económica de muchas naciones, generando innovación, empleo, competitividad y crecimiento económico global.
3. El boniato constituye un alimento importante, fundamentalmente como fuente de carbohidratos dentro de la dieta del pueblo cubano.
4. La yuca posee gran importancia socioeconómica para los agricultores y consumidores de pocos recursos económicos de países tropicales.
5. La harina es el polvo más o menos fino que se obtiene de la molienda de un cereal o leguminosa seca y como objetivo de sustitución de importaciones pretendemos obtenerla usando como materias primas a la yuca y al boniato.

CAPÍTULO 2. Materiales y Métodos.

En el presente capítulo se desarrolla un procedimiento para el diseño preliminar de una minindustria para la producción de harina a partir de yuca o boniato. Con este objetivo se pretende describir detalladamente el proceso, realizar un análisis de la propuesta de un diagrama de flujo del mismo, se efectúan los balances de masa, y además se realiza una selección de los principales equipos teniendo en cuenta sus rasgos fundamentales y los materiales de construcción más apropiados. Por último, se pretende realizar, teniendo en cuenta los principales indicadores de factibilidad económica y del proceso de producción, un análisis económico del mismo.

2.1. Etapa 1: Definición de la propuesta.

Es necesario partir de la propuesta de ubicación de la minindustria procesadora de tubérculos para la producción de harina y de sus datos aprovechables, para llevar a cabo su diseño preliminar y poder predecir su comportamiento y funcionamiento.

2.1.1. Macrolocalización de la planta.

Según Brizuela (1987), se entiende por macrolocalización de una planta industrial o instalación productiva, su ubicación física aproximada en un territorio geográfico dado. Esta define el lugar aproximado, ciudad o posición geográfica en un determinado entorno, en donde estará situada físicamente la instalación.

2.1.2. Problema primitivo.

La escasez de la harina se ha ido agravando en los últimos tiempos a pesar de los esfuerzos oficiales de una pronta mejoría. Esto se le atribuye entre numerosos factores a la situación que ha atravesado Cuba en los últimos tiempos por la influencia de la pandemia del Covid-19, entre otras afectaciones en el ámbito social y ambiental, y además por el constante recrudecimiento del bloqueo político y económico impuesto por el gobierno estadounidense y la implementación de medidas de carácter político que afectan de una manera u otra al desarrollo de nuestro país.

A causa de esto se han visto afectadas las reservas de dicho producto en todo el país en general, provocando así un descontento en la población debido a la carencia de harina la cual es necesaria para la producción de una serie de alimentos con los cuales se beneficia las misma. Es por ello que se trabaja duramente en buscar soluciones a este problema, y para ello se plantea la creación de minindustrias capaces de elaborar harina a partir de diferentes productos, en este caso a partir de tubérculos como la yuca y el boniato, permitiendo así la sustitución de importaciones y el desarrollo de la producción local y nacional, la cual es tan importante y por la que tanto se aboga.

2.1.3. Definición del tipo de proceso.

Aunque generalmente son favoritos los procesos continuos con respecto a los discontinuos en las grandes industrias, para las plantas pequeñas, los procesos por lote o denominados batch han demostrado ser más económicos.

Además, se prefieren los procesos discontinuos cuando hay poca información disponible, cuando los procesos o productos tienen ciclos de vida relativamente cortos, o cuando una variedad de productos se obtiene en pequeñas cantidades (Wells y Rose, 1986; Biegler, et al., 1997; Saravacos y Kostaropoulos, 2016).

Según Turton (2018), los procesos discontinuos son dominantes en las industrias de alimentos, aunque están más lejos de trabajar de forma óptima cuando están diseñados discontinuamente. No obstante, el rendimiento de una planta de este tipo puede incrementarse al máximo si se realiza un diseño juicioso de la misma, que optimice el empleo del equipamiento disponible (Cadbury, 1992).

2.1.4. Caracterización del producto final.

En el caso de la harina de yuca presenta un color blanco con una textura suave. No posee olores ni sabores extraños, además se usa como espesante en salsas o como harina en la elaboración de panes y repostería entre otros usos. Esta harina es rica en hidratos de carbono. Además, la harina de yuca tiene buenas calidades espesantes por lo que puede ser un buen recurso en la cocina.

En cuanto a la harina de boniato el color naranja se debe a la cantidad de betacarótenos, pigmentos que aportan muchos beneficios para la salud. Su sabor es un poco dulce, y no contiene gluten, con lo que esta harina te dará muchas posibilidades en la cocina, este sabor estaría a medio camino entre la

patata y la calabaza. Su uso en pastelería es cada vez más común, sobre todo en alta pastelería. Como otros tubérculos, su uso para elaboración de cremas y sopas también está muy extendido.

2.2. Etapa 2: Desarrollo del diagrama de flujo.

La transformación de materias primas disponibles en productos deseados comienza a conceptualizarse mediante el desarrollo de un diagrama de flujo del proceso que se está diseñando (Jiménez, 2003). Según Saravacos y Kostaropoulos (2016), este consiste en la representación gráfica de los equipos que requiere el proceso y del flujo de materiales y utilidades en una planta industrial.

2.2.1. Etapas y operaciones del proceso.

En este paso se definen las etapas del proceso y las operaciones que se realizan en cada una de ellas, tal como se muestra en el Anexo 1.

La planta cuenta, además, con un depósito en forma de cisterna destinada al agua residual y un tanque de almacenamiento de agua limpia.

2.2.2. Confección del diagrama de flujo.

Generalmente, los procesos de producción se esquematizan a través de un diagrama de flujo, que consiste en un esquema de todo el proceso que indica las diferentes etapas de fabricación. El más simple y, a su vez, el más utilizado de los diagramas de procesos, es el de bloques o rectángulos, aunque en ocasiones se suelen representar los equipos que conforman la planta para una mejor comprensión del proceso. En ellos se representan las entradas y salidas para indicar el sentido del flujo de los materiales. De esta manera es posible visualizar rápidamente las diferentes líneas de proceso existentes y las interacciones o correlaciones entre ellas, así como los productos que se generan y las materias primas, materiales o insumos requeridos. Por todo esto, su definición resulta esencial para la realización de los balances de materia y energía (Saravacos y Kostaropoulos (2016); Villanueva, 2016; García, 2017).

En este caso, atendiendo al orden operacional del proceso descrito anteriormente, y basado en las normas y orientaciones para su confección según la bibliografía especializada (Ulrich, 1985; Saravacos y Kostaropoulos, 2016;

Turton, 2018) se puede construir el diagrama de bloques que se muestra en el anexo 2.

2.2.3. Descripción general del proceso.

Mediante este proceso, las raíces de yuca y el boniato, pueden convertirse en una harina de alta calidad, materia prima de especial interés para numerosas industrias de alimentos y sobre todo para las necesidades que actualmente afectan al país.

2.2.4. Capacidad de la planta.

La capacidad de la planta está dada por la cantidad de producto que puede ser obtenido durante un determinado período de tiempo. Esta se debe definir considerando varios factores: en base a un estudio de mercado, a un análisis de la factibilidad técnica y económica del proyecto, y a la disponibilidad de la materia prima según Chapoñan (2016). En algunas ocasiones también puede influir la capacidad de los equipos de líneas existentes en el mercado (Villanueva, 2016).

2.2.5. Balances de materia y energía.

Los principios y técnicas de los balances de materiales y energía de la ingeniería química son, en general, aplicables a la mayoría de los cálculos de procesos alimentarios. Sin embargo, estos requieren atención especial debido a la complejidad de los materiales alimenticios y la importancia de la calidad de los alimentos.

Una vez definida la capacidad de la planta y el diagrama de flujo del proceso, se realiza el balance de materia y energía, el cual se puede realizar tomando como base el diagrama elaborado (Villanueva, 2016).

En los balances de materiales, es difícil obtener datos exactos sobre la composición de los mismos, debido a la variabilidad incluso para el mismo material alimenticio. Las variaciones se deben a la variedad, las condiciones de crecimiento y la edad de las materias primas. Si no se dispone de datos experimentales confiables para la materia que se está procesando, se pueden obtener valores aproximados de la literatura (Saravacos y Kostaropoulos, 2016).

2.2.6. Control de calidad y presentación.

Como el propósito de la minindustria es la elaboración de un producto alimenticio, es obligatorio que cumpla los requerimientos de los estándares de calidad de la producción industrial de alimentos. Para garantizar su control, se deben realizar inspecciones o pruebas de muestreo para verificar que las características tanto de la materia prima como del producto sean óptimas, así como las condiciones de conservación del mismo y su presentación.

2.2.7. Características generales de la planta.

Un proyecto de esta naturaleza puede ser muy simple dadas las características de ser un sistema sencillo de producción, con volúmenes pequeños y con productos de simplicidad tecnológica. Sin embargo, tanto en el caso de un sistema artesanal, como en un sistema de pequeña escala, la simplicidad no debe confundirse nunca con el descuido de los principios básicos que gobiernan la sanidad y la higiene industrial, que siempre debe rodear a la producción de alimentos.

2.2.8. Requisitos básicos de la instalación.

La idea general para el proyecto de minindustria es la existencia de un recinto principal en el cual se desarrollará el proceso de producción desde la recepción hasta el envasado. Rodeando a este recinto principal debe existir un conjunto de dependencias que puedan acomodarse para prestar los servicios auxiliares requeridos.

Según establece MINAL (2012), el local en el cual se desarrollarán las actividades de producción debe poseer condiciones de fácil limpieza y desinfección, tales como: paredes pintadas con material lavable, adecuada iluminación natural o artificial, local bien ventilado, pisos de material sólido, lisos, resistentes e impermeables, techos sin filtraciones ni áreas que acumulen suciedades, cría de insectos, roedores, etc. Debe contar con servicios básicos de buena calidad, entre los que se deben incluir el agua en primer lugar y luego la energía eléctrica u otra fuente generadora.

El diseño del área de producción, debe corresponderse con un flujo del proceso productivo que responda al concepto de marcha hacia delante de un proceso

continuo. La idea es que el material que entra a la sala de proceso no se acumule en ningún lugar, sino que permanezca en movimiento hasta que sale el producto.

Es de significativa importancia que el personal cuente con las condiciones que le aseguren un trabajo de calidad, pues jamás se debe olvidar que lo que allí se procesa es un alimento de consumo humano, y no es poco frecuente que operaciones artesanales descuidadas sean la causa de importantes problemas de salud de los consumidores.

Además, es una condición importante que el agua de uso en el proceso como parte del alimento sea potable, lo cual se puede conseguir de dos formas generales: mediante el uso de agua potable de la red pública o el uso de agua de pozo profundo con potabilidad comprobada.

Una forma de asegurar una relativa limpieza permanente y de minimizar los riesgos de contaminación, es la oportuna eliminación de los residuos, es decir, de los restos de fruta que van quedando en las diversas operaciones preliminares (CPMLN, 2012).

2.3. Etapa 3: Selección de los equipos.

Un buen diseño tecnológico de la instalación es un factor de fundamental importancia para una operación eficiente, económica y segura (Brizuela, 1987).

2.3.1. Características de los equipos del proceso.

En la mayor parte de las pequeñas industrias de elaboración de alimentos a partir de frutas y vegetales y en este caso tubérculos, se opta por utilizar una tecnología artesanal en las primeras operaciones de preparación de la materia prima, en las que no ocurre transformación de la misma. Tal es el caso de la selección, lavado, pelado, cortado, entre otras, que son realizadas manualmente por operarios capacitados. Mientras tanto, en las etapas posteriores, en las cuales sí hay transformación de la materia prima, se realizan las operaciones propias de cada producto mediante la maquinaria específica, y se suelen llevar a cabo de manera mecanizada (equipos especializados, bandas transportadoras, tuberías para el flujo de las sustancias, envasadoras, etc.) en dependencia de la complejidad del proceso y de los recursos de que se disponga (Guerrero, et al., 2012).

2.3.2. Materiales de construcción.

Es importante mencionar que los equipos o las partes que están en contacto directo con la materia prima, están contruidos o revestidos en láminas de acero inoxidable, para garantizar un proceso sin contaminación; adicionalmente, es indispensable el lavado y la desinfección incesante de los equipos, herramientas e instalaciones que se utilizan en el proceso.

La calidad de la harina refinada depende, en gran medida, de la tecnología de procesamiento empleada; sin embargo, también es fundamental realizar un control adecuado en todas las etapas del proceso, con el fin garantizar la obtención de un producto que cumpla con los estándares de calidad, establecidos para las materias primas que son usadas en la elaboración de productos alimenticios para consumo humano (Esther, 2008).

Es de gran importancia desde los puntos de vista económico, operacional y de mantenimiento la selección de los materiales de construcción de los equipos del proceso.

La fabricación de equipos que procesan alimentos debe cumplir con algunos requisitos especiales en relación a los materiales de construcción, el diseño y las características de las distintas unidades. Según Saravacos y Kostaropoulos (2016), los materiales usados en las máquinas y equipos de la industria alimentaria no deben interactuar con los alimentos, y deben ser no corrosivos y mecánicamente estables. El costo de los equipos aumenta en función de factores como: la calidad y cantidad de acero inoxidable utilizado, el peso total de la unidad, la cantidad de material relativamente caro utilizado (aislamiento), la fabricación (acabado de superficies, tipo de soldadura), la protección anticorrosiva (galvanización doble o electrolítica, pinturas especiales) y la calidad de partes de repuesto (material eléctrico).

Las propiedades y el costo de los materiales de construcción son factores muy importantes en el diseño, construcción, funcionamiento y mantenimiento de los equipos del proceso. La selección y aplicación de estos, se basan en los principios de la metalurgia y la ciencia de los materiales (Murray, 1999; Cardarelli, 2000).

2.3.3. Variables controladas.

Las formas de especificación de los equipos contienen la información sobre el tipo de producto y sus propiedades, el flujo que es capaz de manejar (la capacidad), las condiciones de operación (temperatura, presión), y otros datos característicos. Sin embargo, las especificaciones demasiado estrictas pueden incrementar significativamente el costo del equipo (Saravacos y Kostaropoulos, 2016). En los equipos se controlan diferentes variables con el objetivo de garantizar el adecuado funcionamiento del proceso. Los principales parámetros se muestran en el Anexo 3.

2.3.4. Selección y diseño de los principales equipos.

La selección de los equipos de procesamiento de alimentos se basa en la idoneidad para la aplicación prevista, las características constructivas y operacionales, y los costos de adquisición y mantenimiento según Bravo (2018).

2.3.5. Limpieza de los equipos.

Los principios de limpieza, enjuague y saneamiento de los equipos procesadores de alimentos son discutidos por Loncin y Merson (1980). La limpieza e higienización deben ser consideradas como una parte integral del diseño de procesos destinados a la alimentación.

Los equipos que procesan alimentos deben limpiarse a diario, después de una jornada de trabajo. Sin embargo, cuando se procesan los productos diferentes en el mismo equipo, la limpieza también depende de la frecuencia de los cambios de producto (Saravacos y Kostaropoulos 2016).

Saravacos y Kostaropoulos (2016) plantean que el ajuste de los equipos y las líneas de operación deben hacerse sin interrumpir el funcionamiento de toda la planta y perder el valioso tiempo. El diseño de la planta debe tener en cuenta la limpieza periódica de los equipos para mantener las condiciones de eficiencia e higiene.

2.4. Etapa 4: Análisis económico.

La industria de alimentos es una entidad económica que reúne los medios de producción necesarios para efectuar una transformación esencial en una materia prima que lleva a la consecución de un producto final con valor agregado. El

objetivo principal es conseguir que el valor del producto supere al de la materia prima y a los gastos de manufactura (Tovar, 2009).

Un proceso industrial solo tiene estabilidad en el mercado y perspectivas de comercialización si su aspecto económico es favorable, por lo que el mismo debe ser técnicamente legítimo y económicamente atractivo (Turton, 2018).

2.4.1. Costos de inversión.

La puesta en marcha de una planta cualquiera implica necesariamente un gran esfuerzo inicial que se produce en la construcción y puesta en operación de nuevas capacidades productivas, de facilidades para la distribución del producto terminado y de las obras que están de una forma u otra vinculadas a la satisfacción de las necesidades existentes. Todo este esfuerzo inicial genera gastos en recursos materiales y humanos, los cuales, expresados en términos financieros, constituyen los costos de inversión de la alternativa propuesta.

El método de Lang es un método clásico que permite estimar la inversión total de un proceso a partir del costo base de sus equipos principales, y multiplicar dicha sumatoria por un factor global de experiencia, que involucra el costo de tuberías, instrumentación y edificios, los honorarios de los ingenieros y contratistas, y las contingencias, según el material de construcción de los mismos (Tovar, 2009).

2.4.2. Estimación de la inversión según la metodología de Lang.

Para efectuar la estimación del costo de inversión de la planta, se debe seguir un grupo de pasos establecidos en el método de Lang.

a) Determinar el costo base de los equipos del proceso.

Determinar el costo de adquisición del equipamiento tecnológico de una planta implica el conocimiento de los distintos equipos necesarios en la misma y de sus características físicas primordiales. Si se conocen las dimensiones fundamentales de cada equipo, resulta posible estimar su costo de adquisición empleando para ello la literatura general disponible, la cual está constituida por manuales de información económica de carácter industrial, información económica específica sobre plantas previamente construidas en el país, catálogos de equipos, ofertas para la venta de equipos similares a los que se van

a adquirir, entre otros. Normalmente la literatura económica correlaciona el costo de adquisición con una dimensión o característica física fundamental del equipo (Brizuela, 1987). También pudieran emplearse softwares dedicados a la estimación de los costos de equipos tecnológicos.

El software CAPCOST es una herramienta muy útil para la estimación de los costos de inversión de plantas que involucran distintos tipos de equipos. Este programa computarizado le permite al usuario introducir los datos de forma interactiva y obtener un costo estimado en mucho menos tiempo que el requerido para los cálculos manuales y con menor probabilidad de error. La información que se debe suministrar sobre el equipo depende de la naturaleza del mismo y de sus dimensiones fundamentales, tales como la capacidad, la presión de operación o los materiales de construcción (Turton, 2018).

b) Calcular el costo total del equipamiento tecnológico de la planta.

Según Tovar (2009), este método comienza con la suma del costo base de los principales componentes del proceso.

$$I_e = \sum I_i \quad (2.1)$$

Donde:

I_i : Costo base de los principales equipos del proceso (CUP).

I_e : Costo total del equipamiento de la planta (CUP).

c) Estimar el costo total de inversión de la planta

Luego se multiplica el costo del equipamiento por una serie de factores de experiencia.

$$I = (I_e + (\sum f_i \cdot I_e)) \cdot f_l \quad (2.2)$$

Donde:

I : Estimación de la inversión completa del proceso (CUP).

f_i : Factor para la estimación del costo de tuberías, instrumentación, edificios, y otros.

fl: Factor que toma en cuenta los gastos indirectos, tales como salarios del personal involucrado (ingenieros, contratistas), contingencias, etc.

Si se modifica la expresión anterior, se obtiene la siguiente:

$$I = ((1 + \sum f i) \cdot f l) \cdot I_e \quad (2.3)$$

O lo que sería lo mismo:

$$I = fL \cdot I_e \quad (2.4)$$

En este caso *fL* es el factor de Lang, el cual se expresa de la siguiente forma:

$$fL = (1 + \sum f i) \cdot f l \quad (2.5)$$

En el Anexo 5 se muestran los valores del factor de Lang que se han reportado para distintos tipos de plantas, en función de las sustancias que procesa y del material de construcción de los equipos.

El factor de experiencia de Lang se deriva del análisis de varios procesos existentes. Esto refleja que los costos de los equipos, contrario a lo que tal vez pudiera esperarse, pueden representar en muchas ocasiones una fracción no muy considerable dentro de la inversión total de una planta.

2.4.3. Efecto del tiempo sobre el costo de adquisición de los equipos.

Los cálculos del costo de capital en los casos de prediseño, se fijan normalmente a partir de precios antiguos. Debido a las condiciones cambiantes de la economía, se necesitan índices correctivos para ajustar los datos a un estado corriente o futuro (Peters y Timmerhaus, 1991). Con respecto a esto, Jiménez (2003) afirma que el efecto de la inflación sobre los costos de adquisición del equipamiento en plantas químicas puede cuantificarse mediante el uso de índices especializados. Para pasar la información del costo de un año base a un año deseado, simplemente se toma el cociente de los índices de los años en cuestión. Esto puede lograrse usando la expresión siguiente:

$$C_2 = C_1 * \left(\frac{I_2}{I_1}\right) \quad (2.6)$$

Donde:

C 1: Costo de adquisición en el año base (CUP)

C 2: Costo de adquisición (CUP) en el año deseado (CUP)

I 1: Índice de costo en el año base

I 2: Índice de costo en el año deseado

Existen varios índices de costo empleados por la industria química, que se publican de forma periódica. El Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) es el más apropiado para la esfera industrial del procesamiento de alimentos, y por lo tanto será el que se utilice en la presente investigación para corregir el valor del costo en caso necesario.

2.4.4. Costos de producción.

Luego del capital de inversión, el segundo componente que permite efectuar el análisis económico de un proceso es el costo de producción. Según Brizuela (1987), se entiende por costo de producción el conjunto de gastos económicos en que se incurre en una planta o proceso industrial durante un período de tiempo dado, como consecuencia de la utilización de recursos materiales y humanos que tienen lugar durante el proceso de elaboración de los productos terminados.

El costo de producción está constituido por los siguientes elementos o componentes:

a) Costo de la materia prima (C MP).

El consumo de la materia prima requerida para elaborar el producto terminado ocasiona un gasto económico importante, el cual puede representar del 10 al 60% del costo total de manufactura. Tovar (2009) explica que lo más recomendable para efectuar la estimación es contar con la cotización de un proveedor, pero si no es posible, pueden utilizarse los precios publicados en revistas. Dichos precios usualmente no incluyen envío, de modo que se debe agregar el costo del transporte, el cual representa aproximadamente el 10% del costo de la materia prima.

b) Costo de los materiales de producción (C MProd).

En la mayor parte de los procesos productivos se consumen catalizadores, solventes y agentes químicos, lo cual ocasiona un egreso económico que debe ser contabilizado como parte del costo de la producción.

c) Costo de mantenimiento o reparación (C Mant).

En todo proceso industrial es imprescindible, cada cierto tiempo, efectuar trabajos de reparación, tanto en la planta en su conjunto durante el mantenimiento general, como individualmente en los equipos que componen la misma, para lo cual no necesariamente debe detenerse todo el proceso productivo. El mantenimiento tiene dos causas principales: en primer lugar, la necesidad de restituir la eficiencia de la planta que se pierde paulatinamente en la producción como resultado del ensuciamiento y desgaste mecánico de los equipos; y, en segundo lugar, la necesidad de reducir las posibilidades de roturas imprevistas de magnitud, que redundan en pérdidas serias en la producción (Brizuela, 1987).

El costo de mantenimiento está formado por dos componentes: los valores económicos de los materiales y piezas de repuesto utilizados en la reparación, y los salarios devengados por el personal de mantenimiento.

d) Costo de la fuerza de trabajo utilizada en el proceso productivo (C FTrab).

El costo de la fuerza de trabajo directa está constituido por los salarios que devenga el personal, calificado y no calificado, que trabaja directamente en el proceso productivo, operadores del proceso, supervisores y en general, el personal de operación.

En los procesos químicos industriales con un mediano nivel de automatización, el costo de la fuerza de trabajo directa puede representar entre un 5 y un 10% del costo de la producción total, mientras que en procesos con un bajo nivel de automatización este elemento puede representar entre un 15 y un 25% del mismo.

e) Depreciación (D).

La depreciación es un elemento del costo de producción cuyas causas fundamentales son la obsolescencia física y moral de los equipos que componen la planta en su conjunto, las cuales van acompañadas de una pérdida del valor

económico de la planta; esta pérdida se contabiliza como parte del costo de producción y constituye la depreciación. Para estimar la magnitud de la depreciación se emplea generalmente la siguiente expresión:

$$D = (V_o - V_f) / t_d \quad (2.7)$$

Donde:

D: Depreciación anual de la planta (CUP/a).

t_d : Plazo de vida útil de la planta (a).

V_o : Valor económico inicial de la planta (CUP).

V_f : Valor económico de la planta al finalizar su vida útil (CUP).

No obstante, para estudios preliminares Turton (2018) propone estimarlo como el 10 % anual del costo de inversión.

f) Costo de facilidades auxiliares (C FAux).

El costo de las facilidades auxiliares está constituido por el gasto económico que ocasiona el consumo de vapor, agua, electricidad, combustible y aire en el proceso productivo durante la elaboración del producto terminado.

Para poder definir cómo determinar la magnitud de este costo, se necesita considerar si estos servicios pueden ser obtenidos de una fuente externa a la planta analizada, o por el contrario pueden ser generados dentro de la misma.

En el caso de que el servicio sea comprado, el costo de cada componente será igual al producto del consumo existente en la planta en un período dado de tiempo por su precio de venta unitario.

g) Costo de suministros de operación (C Sum).

Durante la operación de la planta se emplean normalmente distintos materiales que se requieren para su funcionamiento normal y que por sus características no pueden ser considerados como materiales directos de la producción, ni tampoco como materiales para el mantenimiento. Tal es el caso de los reactivos químicos usados para el control del proceso, lubricantes y grasas empleadas en las bombas y compresores, entre otros.

Este costo constituye aproximadamente el 15 % del costo total de mantenimiento o reparación de la planta.

h) Costos de laboratorios (C Lab).

La magnitud de este costo se encuentra en la mayor parte de los procesos industriales entre un 10 y un 20 % del costo de la fuerza de trabajo directa de la planta.

i) Costos de embalaje (C Emb).

Están considerados los gastos económicos en que hay que incurrir para adquirir los suministros empleados en el embalaje de la producción terminada.

j) Costos generales (C Gen).

Los costos generales están constituidos por los gastos económicos que se generan para asegurar el funcionamiento de ciertos servicios requeridos indirectamente por el proceso productivo. Entre estos se incluyen:

-Salario devengado por el personal técnico que no trabaja directamente en la producción.

-Costo de servicios médicos.

-Costo de comedores y facilidades recreativas.

-Costo de los servicios de protección de la planta.

-Costos de almacenes.

-Mantenimiento general (edificios).

-Costo de la electricidad en edificios.

-Costo de las comunicaciones internas de la planta y de la transportación del personal dentro de la planta.

-Otros gastos.

Los costos generales se correlacionan normalmente con el gasto total de la fuerza de trabajo directo y el mantenimiento, oscilando entre un 50 y un 70% de la suma de ambos.

El costo de producción total de una planta (CP) puede considerarse como la suma del costo variable total (CV) y del costo fijo total (CF), los cuales constituyen a su vez la sumatoria de todos los costos variables y fijos de la planta, respectivamente, tal como se muestra en las siguientes expresiones, cuya nomenclatura ha sido declarada anteriormente.

$$CV = CMP + CFAux + CEmb \quad (2.8)$$

$$CF = CMant+Dep+CSum+CGen+CFTrab+CLab \quad (2.9)$$

$$CP = CV + CF \quad (2.10)$$

Todos los costos anteriores suelen calcularse tomando como base el costo anual, el cual proporciona una forma conveniente de tener en cuenta gastos poco frecuentes pero cuantiosos, tales como los gastos anuales de limpieza y mantenimiento (Tovar, 2009).

2.4.5. Indicadores económicos del proceso productivo.

Como afirman Brizuela (1987) y Tovar (2009), existe un grupo de parámetros que indican el comportamiento de la producción y permiten evaluar su eficiencia económica, los cuales se muestran a continuación.

a) Valor de la producción (VP).

El valor de la producción es el valor económico de lo producido, conocido también como ingresos, los cuales dependen del volumen de producción y del valor unitario del producto.

$$VP = pup \cdot N \quad (2.11)$$

Donde:

VP: Valor de la producción (CUP/a).

pup: Precio unitario del producto (CUP/t).

N: Volumen de producción (t/a).

b) Ganancia de la producción (G).

La ganancia o utilidad económica, se determina como la diferencia existente entre el valor de la producción y el costo de producción total.

$$G = VP - CP \quad (2.12)$$

Donde:

G: Ganancia de la producción (CUP/a).

c) Costo unitario del producto (cup).

El costo unitario es el costo que genera cada unidad de producción. Su valor es siempre fijo para el mismo nivel de eficiencia.

$$\text{cup} = CP/N \quad (2.13)$$

Donde:

cup: Costo unitario del producto (CUP/t).

d) Punto de equilibrio.

El punto de equilibrio o ganancia nula es el volumen de producción para el cual no hay utilidad ni pérdida. Se usa comúnmente en las plantas industriales para determinar la posible rentabilidad de vender determinado producto.

$$N_o = CF / (p_{up} - \text{cuv}) \quad (2.14)$$

$$\text{cuv} = CV/N \quad (2.15)$$

Donde:

No: Punto de equilibrio (t/a).

cuv: Costo unitario variable (CUP/t).

e) Rentabilidad.

La rentabilidad mide la relación entre los resultados monetarios de una actividad y los medios empleados para obtenerlos. Este constituye el objetivo económico - financiero de una empresa.

$$\text{Rent} = G/CP \cdot 100 \quad (2.16)$$

Donde:

Rent: Rentabilidad (%).

f) Costo por peso de producción.

Es uno de los indicadores más empleados para definir la eficiencia económica de una gestión productiva. Constituye la relación existente entre el costo de producción y el valor de la producción, lo que resulta ser el costo de cada peso producido (C/P).

$$C/P = CP/VP \quad (2.17)$$

g) Estructura de costos.

La estructura de costos consiste en expresar cada elemento del costo de producción como porcentaje del total, y representarlos después en un gráfico de barras donde se observe de forma comparativa la relación entre estos.

$$\%Ci = Ci/CP \cdot 100 \quad (2.18)$$

Donde:

$\%Ci$: Porcentaje que representa cada costo respecto al costo de producción (%).

Ci : Elementos del costo de producción (CUP/a).

2.4.6. Indicadores de la eficiencia económica de la inversión.

Para evaluar la rentabilidad de un proyecto, debe asumirse un tiempo de vida para el proceso. Esta normalmente no es la vida activa del equipo, ni el tiempo que permite la depreciación, sino una longitud específica de tiempo sobre la cual se compara la rentabilidad de diferentes alternativas de proyectos.

Para este propósito se utilizan normalmente las vidas de 10, 12 y 15 años. Resulta imprescindible estandarizar su valor al efectuar comparaciones, ya que la rentabilidad está directamente relacionada con este parámetro, y al comparar propuestas utilizando distintos tiempos de vida se pierde la fiabilidad en los resultados. Resulta común que algunos procesos químicos anticipen tiempos de operación muy superiores a los 10 años, en cuyo caso deben ajustarse los costos de manufactura si no se espera que el equipamiento de un proceso específico dure para el período previsto. Por lo tanto, estos deben reflejar un costo de mantenimiento mucho mayor para incluir el reemplazo periódico de los equipos necesarios (Turton, 2018).

Según el criterio de Brizuela (1987) y Turton (2018), el valor más ampliamente utilizado en cuanto al tiempo de vida útil es de 10 años, mientras que Peters y

Timmerhaus plantean que para la industria de alimentos la vida estimada de los equipos es de 12 años, por lo que el análisis económico de la presente investigación estará referida a este valor.

Antes de realizar una inversión, es posible predecir su eficiencia económica a través de un grupo de factores indicativos, tal como expresan Peters y Timmerhaus (1991), Jiménez (2003), Tovar (2009), García (2017) y Turton (2018).

a) Retorno de la inversión.

Este indicador permite evaluar el beneficio o la utilidad obtenida en relación a la inversión realizada, y se expresa en proporción o porcentaje.

$$R_n = G/I \cdot 100 \quad (2.19)$$

Donde:

R_n: Retorno de la inversión (%/a).

b) Plazo de recuperación de la inversión.

El plazo de recuperación de la inversión (PRI) es el tiempo que la planta se tarda en recuperar el desembolso inicial realizado en la inversión. Es considerado un indicador que refleja el riesgo relativo y constituye un instrumento financiero.

$$PRI = I/G \quad (2.20)$$

Donde:

PRI: Plazo de recuperación de la inversión (a).

c) Valor actual neto.

El valor actual neto (VAN) permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La expresión a utilizar para el cálculo es la siguiente:

$$VAN = S_0 + \frac{S_1}{(1+i_1)^1} + \frac{S_2}{(1+i_2)^2} + \dots + \frac{S_n}{(1+i_n)^n} \quad (2.21)$$

Donde:

VAN: Valor actual neto (CUP).

S: Movimiento de fondos (CUP).

i1: Tasa de interés vigente (%).

Según Ulrich (1985), la tasa de interés se toma generalmente como el 10 % en el cálculo del valor actual neto.

d) Tasa interna de rentabilidad.

La tasa interna de rentabilidad o de retorno (TIR) de una inversión es la tasa de interés con la cual el valor actual neto es igual a cero. La ecuación que permite calcular el TIR se muestra a continuación:

$$TIR = i_1 - \frac{VAN(+)(i_1 - i_2)}{VAN(+)-VAN(-)} \quad (2.22)$$

Donde:

i2: Interés para el cual el VAN cambia de signo (%).

Conclusiones parciales del capítulo.

1. Se utiliza la metodología para el diseño preliminar de la planta para la obtención de harina a partir de las etapas propuestas por Ulrich (1985) y adaptadas por Saravacos y Kostaropoulos (2016) al procesamiento de alimentos.

2. Se identifican los principales indicadores para efectuar un análisis económico de la planta.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Para la elaboración de harina a partir de yuca y boniato en el presente capítulo se realiza un análisis de los resultados obtenidos al desarrollar la propuesta preliminar del diseño de la minindustria en el municipio de Unión de Reyes. Con esta finalidad se asume una capacidad de la planta, a partir de la cual se efectúan los balances de materiales que posibilitan el conocimiento de los flujos de entrada y salida de la misma. Se define el tipo de proceso y se describe detalladamente el mismo. Además, se seleccionan los diferentes equipos, teniendo en cuenta sus rasgos fundamentales y los materiales de construcción más apropiados. Se realiza un análisis económico empleando los indicadores de eficiencia económica de la inversión y del proceso productivo.

3.1. Definición de la propuesta.

Para llevar a cabo el diseño preliminar de la minindustria procesadora de tubérculos para producir harina, se debe partir de la propuesta de ubicación de la misma y de los datos disponibles para predecir su funcionamiento.

3.1.1. Macrolocalización de la planta.

Como la presente investigación constituye un diseño preliminar, solamente se efectuará la macrolocalización de la planta. Se propone ubicar la minindustria en las inmediaciones del municipio Unión de Reyes, en la Finca Porvenir del consejo popular Sidra, en la CPA 13 de marzo, de la provincia de Matanzas.

En el país existe una alta demanda de harina para la producción de numerosos productos alimenticios y sobre todo para la producción del pan. La provincia posee una alta población y numerosos sectores dedicados a la agricultura que se encuentran en constante crecimiento y por ende juegan un papel primordial en la producción de la harina, pues de la tierra precisamente salen las materias primas utilizadas en el proceso de producción de la harina.

El gobierno municipal manifiesta un gran interés por desarrollar este tipo de industria en su territorio, y asegura la existencia de personal calificado para trabajar en una planta como la que se propone instalar.

3.1.2. Definición del tipo de proceso.

Aunque algunas operaciones específicas pudieran ser continuas, la planta propuesta tendrá un proceso batch, pues, el conjunto de todas las etapas conforma en general un proceso discontinuo.

Generalmente se prefieren los procesos continuos por encima de los discontinuos en las grandes industrias químicas, petroquímicas y del petróleo, porque resulta menor la conjugación de los costos de equipamiento con los de operación. Sin embargo, los procesos batch o por lote, han demostrado ser más económicos para las plantas pequeñas y para la producción de alimentos, fármacos, y productos especiales.

Según García (2017), un sistema discontinuo debe tener flujos menores que 5 000 t/a, y en el caso de estudio se manejan flujos de hasta 54 t/a, razón por la cual se puede afirmar que cumple con este criterio.

3.2. Caracterización del proceso tecnológico.

La elaboración de harina está sustentada sobre un proceso bastante simple, pero consta de un grupo de etapas y operaciones que deben cumplirse adecuadamente para garantizar la calidad e inocuidad del producto deseado.

3.2.1. Capacidad de la planta.

Considerando una capacidad de procesamiento diarios de 1000 kg de tubérculos, en dependencia de los picos de cosecha anuales que pueden variar relativamente en relación a los volúmenes de siembra, se realizará el diseño preliminar de la planta productora de harina. En base a dicho valor se efectuarán los balances de masa correspondientes, así como el análisis de factibilidad económica de la propuesta.

3.2.2. Descripción general del proceso.

A continuación, se describen las etapas del proceso o plataforma tecnológica para la producción de harina refinada de yuca y boniato.

Según Gallego y García (2015), es importante mencionar que los equipos o las partes que están en contacto directo con la materia prima, están contruidos o revestidos en láminas de acero inoxidable, para garantizar un proceso sin contaminación; adicionalmente, es indispensable el lavado y la desinfección

continua de los equipos, herramientas e instalaciones que se utilizan en el proceso.

La calidad de la harina refinada depende, en gran medida, de la tecnología de procesamiento empleada; sin embargo, también es fundamental realizar un control adecuado en todas las etapas del proceso, con el fin garantizar la obtención de un producto que cumpla con los estándares de calidad, establecidos para las materias primas que son usadas en la elaboración de productos alimenticios para consumo humano.

El proceso será dividido a continuación, en módulos o etapas conjuntas para un mayor entendimiento del mismo y los equipos descritos se muestran en el Anexo 5 de la propuesta de equipos.

a. Módulo 1. Recepción, lavado y picado de tubérculos.

Recepción y pesaje: Después de la cosecha, las raíces de yuca y boniato son transportadas en empaques o a granel hasta la planta de procesamiento, donde se descargan y se almacenan, la materia prima se pesa para definir el parámetro rendimiento o factor de conversión, de tubérculos a harina. En el caso de las raíces de yuca, éstas deben ser procesadas en el menor tiempo posible, ya que durante las primeras 48 horas después de la cosecha se inician los síntomas del deterioro, manifestados principalmente por cambios en la coloración de los tejidos.

Inspección: Labor que se debe realizar pensando en las Buenas Prácticas de Manufactura, pues en muchas ocasiones llegan desde el campo boniatos y yucas deterioradas o elementos extraños como: tocones, palos, piedras, terrones de tierra, entre otros, y que se deben eliminar antes de entrar al proceso de lavado y picado.

El proceso consiste en depositar 250 kg del tubérculo en la tolva donde dos personas realizan la inspección del boniato y en el caso de la yuca las raíces, retirando manualmente el tocón o cualquier impureza. Las raíces o el boniato son introducidas en el desarenador, cilindro construido en varilla, donde se elimina hasta un 60% de la cascarilla (Desarenador Anexo 5). Esta limpieza se realiza en seco y dura aproximadamente 5 minutos antes de pasar a la lavadora.

Lavado: Los tubérculos cosechados traen consigo gran cantidad de tierra y residuos del campo, por lo tanto, es necesario realizar un lavado antes del picado para asegurar la calidad nutricional del producto seco. El lavado se realiza en un cilindro rotatorio por tandas, que mueve la materia prima mientras la lava con agua limpia a presión (aplicada dentro del tambor). Las paredes del cilindro están perforadas, para permitir la salida del agua residual y de los desechos sólidos (principalmente cascarilla). El equipo cuenta además con una tolva de carga y una tolva de descarga a cada extremo del cilindro (Lavador Anexo 5).

Se requiere aproximadamente 1 m³ de agua potable por cada tonelada de materia prima. No obstante, se cuenta con un tanque de recirculación de agua en la lavadora, para disminuir el consumo de agua por tonelada de materia prima.

Desinfección: Después de la etapa de lavado, los tubérculos se someten a un proceso de desinfección usando una solución diluida de hipoclorito de sodio (NaClO), esta solución también es aplicada dentro del cilindro de lavado durante algunos minutos.

Picado: Con el fin de acelerar la tasa de secado y obtener un producto de buena calidad, la materia prima se debe cortar en pequeños trozos de tamaño uniforme para aumentar el área de la superficie expuesta al aire. El equipo utilizado, la picadora, comprende un disco trozador ensamblado verticalmente a una estructura que soporta el eje del disco y la tolva de alimentación. El disco que cuenta con cuchillas acopladas para producir un trozo en forma de barra rectangular es conocido como tipo Colombia (Picador Anexo 5).

b. Módulo 2. Secado de trozos frescos del tubérculo.

Secado artificial: El uso de secadores con aire caliente en circulación directa, a través de una capa o lecho fijo, es una alternativa mucho más favorable, en términos de calidad del producto final, que los sistemas de secado natural. Además de ser un método que se puede emplear en regiones donde las condiciones ambientales no son favorables.

El secado artificial en capa fija consiste en el paso de un flujo uniforme de aire caliente a través de una capa de trozos frescos de aproximadamente 2 a 3 cm de espesor. El secador es un compartimiento de construcción simple, con un

piso falso de lámina perforada sobre el que descansa el producto, mientras que un ventilador hace circular el aire caliente a través de la capa de trozos. Antes de hacer contacto con los trozos frescos del tubérculo, el aire se calienta en una unidad que consta de un quemador de combustible, que es conectado al secador por medio de ductos (Secador Anexo 5).

Para que el secado sea uniforme es preciso mezclar o revolver continuamente el producto, de forma manual o mecanizada. En este tipo de secadores es muy importante tener en cuenta el área expuesta del producto, la temperatura, el flujo y la humedad del aire, ya que de acuerdo con estas variables se determinan los tiempos de secado (el rango es determinado en dependencia de la materia prima) y los consumos de combustible, parámetros de importancia en el cálculo de la eficiencia global y de los costos de producción de la harina refinada de alta calidad.

c. Módulo 3. Molienda y refinación de trozos secos de yuca y boniato.

Molienda-tamizado: Los trozos secos (con 10–12% de humedad) son alimentados mediante un sinfín al premoedor (molino de martillos) provisto de una criba con malla de 6 mm. En esta etapa, los trozos se reducen de tamaño y pasan a las tamizadoras provistas con una malla de 180 micras, de acuerdo con la abertura de la malla, se separan pequeños materiales de cáscara, cascarilla y fibra que componen el ripio, el cual se extrae como subproducto y es utilizado generalmente en alimentación animal. El material que logra pasar por la malla es succionado por un ventilador que lo transporta a los ciclones recolectores (Molino-tamizador Anexo 5).

Recolección de la harina refinada: Para la recolección de la harina fina (<177 micras) se utilizan dos ciclones con alimentación tangencial conectados en paralelo, para una mayor capacidad de captura de la harina; estos dos ciclones están acoplados a un cono que permite la descarga del producto final hacia la bolsa de empaque, y en su parte superior cuenta con dos filtros intercambiables para evitar la salida partículas finas al ambiente (Ciclones, Módulo 3, Anexo 5).

d. Módulo 4. Almacenamiento.

Almacenamiento del producto envasado y empacado: El diseño de la planta debe considerar un espacio para el almacenamiento del producto terminado para su posterior distribución. Se considera como una etapa del proceso, pues implica costos que se incluyen en el costo de producción.

3.2.3. Definición de la jornada laboral.

Ateniendo a las temporadas favorables para la siembra y los meses de recolección mostrados en la Tabla de cultivos del (Anexo 6), el estudio se realizó seleccionando los clones que utilizan los meses de siembra de marzo a mayo en el caso del boniato y en el caso de la yuca, los clones con fecha de plantación de noviembre a diciembre, se decide que la planta trabaje 5 meses al año, esto se debe a que son 5 los meses de recogida de cosecha en total como muestra la Tabla de recogida de cosecha(Anexo 7). Además, se destina un mes para realizar el mantenimiento de los equipos, limpieza de los mismos y de la instalación en general.

La planta operará 24 días al mes, con una jornada laboral de 12 horas al día, por las necesidades de producción y por las características que definen a este tipo de industria. Estos criterios se basan en las experiencias de la propia CPA “13 de marzo” perteneciente a la localidad de Cidra, en el municipio Unión de Reyes.

Según MDE (2009) otro aspecto importante es el cronograma de producción o diagrama temporal, que permite realizar una mejor planificación del proceso. En el caso de la elaboración de harina, se puede considerar que, para hacer un lote de producto, se deben tener en cuenta las siguientes etapas con su respectiva duración. Estos intervalos de tiempo no son exactos, ya que dependen del volumen a procesar, de la humedad y demás características propias de la materia prima, etc.

Tiempos de operación:

- Recepción, pesaje y selección: 2 h.
- Pelado: 1.5 h.
- Lavado y desinfección: 1.5 h.
- Cortado: 1.5 h.

- Secado: 3 h.
- Molienda y refinación 2 h.
- Empacado 0.25 h.
- Almacenamiento del producto terminado: 0.25 h.
- Limpieza del local: En las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) cada operador es responsable permanente de la limpieza del área donde labora.

3.2.4. Cantidad de operarios.

Benites, et al. (2016) afirma que para que la línea de producción funcione correctamente se requerirá personal que desempeñe distintos roles de acuerdo a las áreas en que se les asignará, y especifica que se necesita un gerente o jefe de planta, un supervisor, un responsable de servicios y mantenimiento, y cinco operarios. Coronado e Hilario (2001) y Torres (2007) coinciden con esto, pero este último alega que también debe existir un custodio o vigilante.

Diversos autores coinciden en que para este tipo de industria debe ser el mínimo posible, y debe oscilar alrededor de las 10 personas cuando se habla del número de trabajadores que formarán parte de la minindustria.

Se proponen 6 trabajadores incluyendo un jefe de planta.

3.2.5. Balances de masa.

A partir del diagrama de bloques construido (Anexo 2) y de los flujos de materias primas a procesar, las relaciones entre estos y las cantidades de insumos, se realizan los balances de masa mostrados en el (Anexo 8).

3.2.5.1- Resultado de los balances de masa.

En el (Anexo 8) se muestra el balance de masa con un factor de conversión 4 a 1 según Gallego y García (2015). Se requiere de 1000 kg o 1 toneladas de yuca fresca o boniato para obtener 250 kg o 0.25 tonelada de harina refinada. Esta relación varía dependiendo de la materia seca de tubérculo (variedad), de las impurezas que trae de campo (barro, palos, piedras, entre otras) y de la cantidad de tocones que no se retiren desde campo en el caso de la yuca, llegando a obtener factores de conversión de tubérculo a harina refinada más bajos, hasta de 3.5 a 1.

Este balance de masa se realiza para el procesamiento de una tonelada de tubérculo diaria y cumplir con los niveles productivos. Debido a las variaciones de cosecha en la CPA seleccionada, se establece el balance en base al factor de conversión propuesto. Esto deberá ser adaptado por la minindustria de acuerdo con las materias primas obtenidas en los meses de cosecha.

3.2.6. Presentación del producto.

Según la norma cubana NC 877 del 2012, para el apartado del envasado:

-La harina deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

-Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

-Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán ser de primer uso, estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

-Se deberá cumplir además con lo especificado en la NC 452:2006. Envases, Embalajes y Medios Auxiliares. Requisitos Sanitarios Generales.

Según el Código Alimentario Argentino (CAA), la harina debe envasarse con materiales que preserven sus cualidades de higiene, nutrición y sensoriales. Esta misma entidad afirma que los materiales permitidos son: el papel kraft, el polipropileno, el polietileno y el aluminio. Además, tales materiales deben asegurar resistencia mecánica y la conservación adecuada del alimento.

Atendiendo a estas normas establecidas, deben ser seleccionados los diferentes tipos de empaques que se utilizarán para la presentación del producto.

El producto final es envasado y presentado en sacos de polipropileno de 50 kg (Anexo 17).

3.3. Selección de los principales equipos.

Para la selección de los equipos se tuvo como referencia las operaciones del proceso de producción y el objetivo de cada una de ellas, siempre teniendo en

cuenta el volumen de materias primas a procesar, para así determinar las especificaciones de algunos equipos y la cantidad de unidades a utilizar.

3.3.1. Selección de los materiales de construcción.

Existe un contacto directo entre los productos alimenticios y la mayoría de los equipos del proceso, por ello, se emplea el acero inoxidable AISI 304, y en caso de que la acidez de estos productos sea alta, resulta común utilizar AISI 316 (Saravacos y Kostaropoulos, 2016).

En este caso, dado que el pH de las materias primas y productos involucrados no es demasiado bajo, se utilizará el acero inoxidable AISI 304 como material de construcción para tener en cuenta durante la selección de los equipos del proceso.

Por lo tanto, todos los equipos estarán fabricados a base de acero inoxidable AISI 304, mientras que los utensilios y recipientes a utilizar durante el proceso podrán ser de plástico, madera, vidrio o acero inoxidable.

3.3.2. Selección de los equipos del proceso.

La tecnología a usar en la fabricación de harinas es semi- industrial, y los equipos más importantes son: el molino-tamizador y el secador, que constituyen las maquinarias más útiles y serán, además, costosas. También la mesa de trabajo como equipo secundario, pero de significativo uso e importancia.

3.3.2.1. Equipos para la molienda.

Se utiliza un molino-tamizador donde los trozos secos son alimentados mediante un sinfín al premoledor (molino de martillos) provisto de una criba con malla de 6 mm. En él, los trozos se reducen de tamaño y pasan a las tamizadoras provistas con una malla de 180 micras, de acuerdo con la abertura de la malla, se separan pequeños materiales de cáscara, cascarilla y fibra que componen el ripio, el cual se extrae como subproducto y es utilizado generalmente en alimentación animal. El material que logra pasar por la malla es succionado por un ventilador que lo transporta a los ciclones recolectores.

3.3.2.2. Equipos de secado.

Se utiliza un secador de capa fija donde se realiza un secado artificial en capa fija, que consiste en el paso de un flujo uniforme de aire caliente a través de una capa de trozos frescos de aproximadamente 2–3 cm de espesor. El secador es un compartimiento de construcción simple, con un piso falso de lámina perforada sobre el que descansa el producto, mientras que un ventilador hace circular el aire caliente a través de la capa de trozos. Antes de hacer contacto con los trozos frescos, el aire se calienta en una unidad que consta de un quemador de combustible, que es conectado al secador por medio de ductos.

3.3.2.3. Mesa de trabajo.

En el caso de estudio se necesitan dos mesas de este tipo: una para la preselección, otra para la selección respectivamente. Las mesas estarán construidas a base de acero inoxidable AISI 304, con dimensiones de 1200 x 800 x 900 mm, con altura suficiente y bordes para la contención del producto (Anexo 9).

3.4. Análisis económico.

La minindustria de producción de harina constituye una nueva capacidad industrial, por lo que es necesario realizarle un análisis de factibilidad económica que comprende la estimación del costo de la inversión, la estimación del costo de producción y por último el cálculo de la ganancia. A continuación, se debe evaluar la eficiencia de la inversión y de la producción mediante los indicadores económicos correspondientes.

3.4.1. Estimación de la inversión.

Para estimar la inversión de la planta se selecciona la metodología de Lang en cuestión, ya que a criterio de los autores Ulrich (1985), Brizuela (1987), Jiménez (2003), Tovar (2009) y Turton (2018), es el método más comúnmente utilizado en los proyectos que abordan estimaciones del tipo estudio, debido a su grado relativamente bajo de complejidad, la rapidez de sus resultados, ya que aunque el propio tipo de estimado no exige una elevada precisión, esta técnica es capaz de alcanzar una mayor exactitud que los métodos generales.

A partir de la metodología de Lang para estimar el capital invertido en la planta, se determinó primeramente el costo base de los principales equipos del proceso.

Dichos costos se muestran en el (Anexo 10), junto con las características fundamentales de los mismos. Los valores fueron extraídos de catálogos de fabricantes en ventas online reportados para el año 2022, razón por la cual no debieron ser actualizados empleando el índice de costo CEPCI.

Posteriormente se calculó el costo total del equipamiento tecnológico de la minindustria a partir de la expresión 2.1, obteniéndose un resultado de 201 525 CUP. Por último, se estimó el costo total de inversión, haciendo uso del factor de Lang, que en este caso tiene un valor de 2,5 según se aprecia en el (Anexo 4), ya que la minindustria manejará sólidos solamente, y el material de construcción principal será el acero inoxidable. Esto arroja un resultado de 503 812.5 CUP como capital invertido.

Como se puede apreciar, la inversión de la planta presenta un valor en el orden de los cientos de miles de pesos, por lo que se podría decir que presenta un valor adecuado para este tipo de minindustrias.

Con respecto al costo de adquisición de los equipos, en el (Anexo 10) se puede apreciar que los costos más significativos son los del secador y el molino-tamizador, seguidos por el lavador. Este hecho se refuerza en el (Anexo 11), donde se observa la fracción que representa cada equipo con respecto al costo total del equipamiento tecnológico, destacándose el secador que constituye el 42.18 % del costo de inversión.

3.4.2. Costos de producción.

En la mayoría de los casos, para efectuar el diseño de la planta, los costos de producción se expresan como porcentaje estimado de otros costos, según refiere la bibliografía especializada. Sin embargo, existen otros que deben ser determinados en función de las características reales del proceso, como es el caso de las materias primas, los materiales de producción, la fuerza de trabajo, las facilidades auxiliares y el embalaje (Sánchez, 2020).

En el caso de las materias primas se toman las cantidades de los insumos consumidos durante un año de funcionamiento de la planta, como resultado de los balances de masa efectuados, y se multiplican por el su costo unitario correspondiente. Todos estos datos se presentan en el (Anexo 12).

El costo de la fuerza de trabajo en este caso se tomó como un costo fijo, y se estableció de acuerdo con las nuevas escalas salariales para el sector, fijándose en 3400 CUP mensuales. Lo mismo ocurrió con el costo de laboratorio, debido a que representa un porcentaje de este.

En el caso de las utilidades, en la minindustria se emplearán la electricidad, el combustible y el agua. La primera de estas se utilizará para hacer funcionar los equipos que consumen este portador energético (Anexo 10), las luces de la instalación, entre otros, mientras que la segunda se requerirá para calentar el aire en una unidad del secador que consta de un quemador de combustible y el agua para lavar y enjuagar las materias primas, así como para efectuar la limpieza del área y los equipos de producción, y para la higienización de la planta en general y los servicios sanitarios.

Los mayores consumidores con respecto al uso de la energía eléctrica son el molino-tamizador y el lavador, y con respecto a todos los equipos consumidores se realizará el cálculo de la potencia consumida, y se afectará por la tarifa correspondiente, con vista a obtener el costo mensual por concepto de electricidad.

Tras consultar el nuevo Sistema Tarifario Eléctrico elaborado por la Unión Eléctrica (UNE) (2021) se decide que la tarifa a emplear será la M3 - A, que es la más apropiada para las características de la minindustria, ya que se aplica para media tensión (como requieren los equipos) y para la actividad agropecuaria. La tarifa comprende un costo de 1,805CUP mensual por cada kW consumido en cualquier horario del día y debe considerarse que el factor K, el cual es un coeficiente cuyo valor refleja la proporción en que varía el promedio ponderado de los precios de todos los combustibles usados en la generación, es igual a 1 como bonificación para incentivar la producción agropecuaria.

El análisis efectuado anteriormente se muestra en el (Anexo 13a), donde se obtiene un estimado del consumo eléctrico diario, mensual y anual de la planta. Teniendo en cuenta que la misma opera durante 24 días al mes y 5 meses al año.

Es necesario aclarar que se determinó el consumo eléctrico de la planta, pero la idea de este proyecto va de la mano con un plan para sustento energético a partir de paneles solares.

Mediante el uso de los balances de materia realizados, se cuantificó el consumo de agua del proceso, y la requerida para los servicios sanitarios y limpieza del local se estimó como el cuádruplo del agua de lavado, según lo planteado por VARONA (2017). En el (Anexo 13b) se muestran los valores obtenidos, resultando un total de 600 m³/a.

Otro portador energético que interviene en el proceso es el fulloil (Diesel), que se utiliza en el quemador de combustible que forma parte del secador. El análisis del consumo se muestra en el (Anexo 13c). Para determinar el costo por concepto de utilidades se emplea el (Anexo 14).

Con respecto al embalaje, el producto final se envasa en sacos de polipropileno de 50 kg y se paletizan 25 unidades por parlet (Anexo 17).

En el (Anexo 15) se muestran los resultados del cálculo de los costos de producción, con los cuales fue elaborado un gráfico que muestra la estructura de costos (Anexo 16). A partir del análisis del mismo se puede notar que el costo más influyente es el de las materias primas, representando el 66.81 % de los costos totales, seguido por el costo de la fuerza de trabajo que representa un 16.39 % y los costos generales con un 8.71 %.

3.4.3. Indicadores económicos del proceso productivo.

En el Anexo 18 se identifican los principales indicadores económicos del proceso de producción. Se puede observar que es menos costoso fabricar el producto que venderlo, es decir que los costos unitarios son menores que el precio unitario del producto. Los costos totales de producción son inferiores al valor de la producción, lo que trae consigo que las ganancias sean positivas.

El precio unitario del producto se fija a través de una consulta de los precios máximos topados por vendedores extranjeros en cuestión, ya que en el país no existe ninguna venta de este producto, en este caso fue fijado por el valor que se obtuvo en consulta en el área económica de comercio de la empresa municipal de comercio de Jovellanos, que es de 30.25 CUP por kg de harina. La

comparación con los precios de venta de este producto en el mercado resulta complicada. Debido a que la estética y las materias primas que compone estos le imprimen un valor elevado no puede ser comparado con el producto que será producido en la minindustria.

Como resultado, el valor de la producción es de 907 500 CUP/a, el cual evidentemente es superior al costo de producción, lo que arroja una ganancia de 285 096.68 CUP/a.

El costo unitario del producto es de 20.75 CUP/kg, y como el precio unitario es de 30.25 CUP/kg, significa que es menos costoso producirlo que adquirirlo, y que por cada kilogramo de producto existirá una ganancia de 9.5 CUP. Otro indicador relacionado con esto es el costo por peso, que al determinarlo se obtiene un valor de 0,69, lo que implica que el costo de producir 1 CUP será de 69 centavos.

Según Turton (2018) la rentabilidad aceptable para la industria química en general es de un 17 %, y en el caso de la planta estudiada dicho indicador tiene un valor de 45.81 % por lo que se puede afirmar que el proceso es rentable.

Por su parte, el punto de equilibrio muestra un valor de 12 041.89 kg/a, lo cual coincide con el punto en el cual se interceptan las líneas del valor y el costo de producción en el gráfico que se muestra en el (Anexo 19). Esto significa que ese será el volumen de producción para la ganancia nula. Mientras menor sea el punto de equilibrio en comparación con el volumen de producción, mayor será la ganancia.

3.4.4. Indicadores de la eficiencia económica de la inversión.

Con respecto a la valoración de la eficiencia económica de la inversión se obtuvo un plazo de recuperación de la inversión de 1.7 años lo cual representa que en ese periodo de tiempo puede ser cubierta la inversión.

Este tiempo es mucho menor que el de vida útil de la planta, lo cual brinda la seguridad de retornar la inversión en caso de tener que hacer alguna reparación a la planta que pueda aumentar este plazo.

Según Altuve (2004), las inversiones que se recuperan el período de 1 a 5 años son más prometedoras y mejores pagadas que las que requieren un tiempo superior.

Para realizar el flujo de caja (Anexo 20) se efectúa el movimiento de fondos actualizado y, empleando como tasa de interés un 10 %, se obtiene un valor actual neto (VAN) de 1 634 302 CUP. De acuerdo con Márquez y Castro (2015) si el valor actual neto es mayor o igual que cero y está actualizado a la tasa de oportunidad del capital, indica que la inversión paga el costo de oportunidad de la inversión. En este caso el valor es positivo, lo que indica que el proyecto genera más efectivo que el invertido inicialmente con el interés vigente.

Según Karellas et al, (2010), la tasa interna de rentabilidad (TIR) constituye un indicador de la rentabilidad de un proyecto y mientras mayor sea, más rentable será. El valor de este indicador es superior al 35 %, ya que al hallar el VAN para este valor sigue siendo positivo, el cual es mucho mayor que 10 % de interés recomendado por Turton (2018). Esto significa que va existir un margen para las fluctuaciones del interés durante la ejecución de la inversión, minimizando los riesgos desde el punto de vista inversionista.

El ritmo con que la inversión retorna a través de la ganancia cada año es de 56.58 %. El rango establecido por la Dow Chemical Co. (2017) es de 33-34 %; sin embargo, el valor obtenido es superior al normado por lo cual puede afirmarse que la inversión retorna con rapidez, lo cual es muy positivo.

Después de haber analizado los indicadores económicos tanto de eficiencia de la producción como de la inversión se puede afirmar que el proyecto es económicamente factible, por lo tanto, se acepta la inversión.

Conclusiones parciales.

1. Al proceso de elaboración de harina a partir de los tubérculos se le aplicó la metodología de diseño de plantas seleccionada.
2. En función de los picos de cosecha, de la temporada seleccionada y de un margen de procesamiento diario dado, se definió una capacidad de 1000 kg de tubérculos diario para la planta.

3. Se efectuó la selección de los principales equipos que requiere el proceso productivo.

4. Se estimó el valor de la inversión empleando la metodología de Lang, la cual arrojó un valor de 503 812.5 CUP, la cual será recuperada en aproximadamente 2 años a través de la ganancia. Esto hace posible que el VAN resultante sea de 1 634 302 CUP y la TIR de 35 %, por lo cual se acepta el proyecto de inversión.

Conclusiones.

Como resultado final del trabajo desarrollado, se ha podido arribar a las siguientes conclusiones:

1. Se realizó un diseño preliminar de una PyME de producción de harina, capaz de similar los picos de cosechas de la CPA y que garantiza la obtención de un producto para la sustitución de importaciones con una calidad óptima, con indicadores económicos favorables, lo cual corrobora la hipótesis planteada.
2. Se describió el proceso de elaboración de harina a partir de yuca y boniato, definiendo las etapas, operaciones y variables fundamentales, así como el equipamiento tecnológico propuesto.
3. Se determinaron los diferentes flujos del proceso en función de las etapas de los mismos, mediante la realización de un balance de materiales.
4. Según los niveles de producción de tubérculos se diseñó la capacidad productiva de la planta y en función de esto se realizó la selección del equipamiento tecnológico.
5. Se estimó el valor de la inversión empleando la metodología de Lang, la cual arrojó un valor de 503 812.5 CUP, la cual será recuperada en aproximadamente 2 años a través de la ganancia. Esto hace posible que el VAN resultante sea de 1 634 302 CUP y la TIR de 35 %, por lo cual se acepta el proyecto de inversión.

Recomendaciones.

Basadas en las conclusiones obtenidas y para la extensión futura del presente trabajo, se realizan las siguientes recomendaciones:

1. Garantizar la calidad de los tubérculos con el objetivo de minimizar las pérdidas del proceso y obtener una mayor calidad del producto terminado.
2. Generalizar esta experiencia en otras cooperativas del país que estén familiarizadas con el tipo de tecnología empleada y el sistema de miniempresa que se propone.

Bibliografía.

1. (PyMEs) in the Ecuadorian economy. Universidad Internacional del Ecuador.
2. /Producci%C3%B3n%20y%20usos%20de%20harina%20refinada%20de%20yuca.pdf [Monografía].
3. Aguilar, P. 1991. Plagas de las plantas tuberosas tropicales. In Manual de manejo integrado.
4. Altuve, J.G. (2004). "El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión". Actualidad Contable, 9, pp. 7-17.
5. ARAUJO, C. DIAZ, I. VECCHIONACCE, H. (s.f.) Uso de raíces y tubérculos en la alimentación de cerdos Digestibilidad. (en línea, consultado agosto de 2004). Disponible en: http://www.agronegocios.com.py/ruraljganaderia/porcinos_nutricion2.html.
6. ARGENTI, P. ESPINOZA, F. Alimentación alternativa para cerdos INIA (FONAIAP) Instituto de Investigaciones Zootécnicas Maracay Venezuela 1999.
7. BASANTES, M. 2012. Caracterización molecular de la colección nacional de camote (*Ipomoea* spp.) Del Banco Nacional de Germoplasma del INIAP mediante marcadores microsatélites. Trabajo de Grado.ESPE. Escuela de Ingeniería de la vida. Sangolqui. 2012. p. 79
8. Benites, F; Agurto, M; Guarnizo, J; Malara, J; Pérez, P y Tirado, L. 2016. Diseño de una línea de producción de mermelada de mango ciruelo para una comunidad agrícola. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. Perú.
9. Bravo, I., 2018. Propuesta preliminar de una mini-industria para el proceso de concentrado de tomate en el municipio de Unión de Reyes. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniera Química. Universidad de Matanzas.
10. Brizuela, E., 1987. Aspectos fundamentales del diseño de plantas industriales. Tomos I y II. Ciudad de La Habana: Ed. ISPJAE.

11. Cadbury, R.G., 1992. Maximizing the output of a batch food plant - the design engineer's role in food engineering in a computer climate. ICHEME. Taylor and Francis, New York, pp. 395-400.
12. Cardarelli, E., 2000. Materials handbook: a concise desktop reference. Springer, Berlin.
13. Carranco, R. (2017). The contribution of small and medium-sized enterprises
14. Ceballos, H. y De la Cruz, A. 2002. Taxonomía y morfología de la yuca. En: Ceballos, H. y Ospina, B. La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, p. 28. CIAT. Cali, Colombia. 586 pp.
15. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED). Lima, Perú. Disponible en: <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2015-01-27/apuestan-por-miniindustrias-para-procesamiento-de-frutas-vegetales>.
16. Centro de Producción Más Limpia de Nicaragua (CPMLN), 2012. Manual tecnológico para el proceso de "mermelada de piña". Fortalecimiento de las capacidades del CPML de Nicaragua, para innovar procesos productivos y tecnológicos en MIPYMES agroindustriales. Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. Nicaragua.
17. Chapoñan, V., 2016. Proyecto para la instalación de una planta procesadora de mermelada a partir de camu camu (*Myrciaria dubia*) para exportación. Tesis para optar el título de Ingeniera Industrial. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Chiclayo, Perú.
18. CLAYUCA-Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca. La yuca, oportunidad de crecimiento y desarrollo económico de Colombia. Documento institucional. CIAT Cali, Colombia 2003. 3
19. Cock JH. 1984. Cassava: a basic energy source in the tropics. Science 218(4574): 755-762
20. Cock JH. 1989. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical
21. Código Alimentario Argentino: Código Alimentario Argentino (CAA)

22. Coronado, M.; Hilario, R., 2001. Elaboración de mermeladas. Procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas agroindustriales.
23. Dow Chemical Company. (2017). Finances. Enterprise records. <http://www.dow%20chemical%20co%20cfd%20acciones>
24. Esther, M., 2008. DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea Batata*)
25. FAOSTAT, Diciembre 1999.
26. FOLKER, F. 1978. La Batata (Camote) Estudio de la planta y su producción comercial. Editorial Hemisferio del Sur, San José Costa Rica, 1978, p. 35
27. Galicia, F., 2017. Definición de la pequeña empresa. Disponible en:
28. Gallego, S. y García, J. 2015. Producción y Usos de Harina Refinada de Yuca.
29. García, Y., 2017. Propuesta tecnológica de una planta para la producción de resinas fenólicas a partir de la lignina del bagazo de caña de azúcar. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniera Química. Universidad de Matanzas.
30. Gómez, L., 2015. Apuestan por mini-industrias para procesamiento de frutas y vegetales.
31. Gómez, P. (2008). Plan General de Contabilidad de PyMEs. Ed. Prentice Hall.
32. Guerrero, D; Chong, A; Guzman, P; Silva, M; Vittoria, G y Yarleque, I. 2012. Diseño de la línea producción de harina, puré y deshidratado a base de banano orgánico. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. Perú.
33. HERNÁNDEZ, F. 1946. Antigüedades de la Nueva España. Editorial Pedro Robredo, México, p. 85.
34. <https://www.scribd.com/doc/41944053/DEFINICION-DE-LA-PEQUENA-EMPRESA-f-f>
35. Jiménez, A., 2003. Diseño de procesos en Ingeniería Química. Barcelona: Ed. Reverté. 257 p.

36. Karellas, S; Boukis, I; Kontopoulos, G. (2010). Development of an investment decision tool for biogas production from agricultural waste. *Renew. Sustain. Energy. Rev.* 14, pp. 1273-1282.
37. León, J. 1987. *Botánica de los cultivos tropicales*. San José, Costa Rica, IICA. 445 p.
38. Loncin, M.; Merson, R.L., 1980. *Food engineering*. Academic, New York.
39. Luna, J.E., 2012. *Influencia del capital humano para la competitividad de las PyMEs en el sector manufacturero de Celaya, Guanajuato*. Universidad de Celaya: Disertación doctoral para obtener el grado de Doctor en Administración. Guanajuato, México.
40. Márquez, C.L; Castro, J.F.M. (2015). Use of Net Present Value, Internal Rate of Return, and Benefit-Cost Ratio in Financial Evaluation of a Vaccination Program Against Foot and Mouth Disease in Venezuela. *Cátedra de Economía y Administración. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela*.
41. Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), 2012. *Instrucciones generales higiénico-sanitarias y tecnológicas para la pequeña industria productora de frutas y hortalizas en conserva*. Instrucción M-11/12. La Habana.
42. Murray, G.T., 1999. *Handbook of materials selection for engineering applications*. Marcel Dekker, New York.
43. NC 108: 2012 Norma general para el etiquetado de los alimentos preenvasados.
44. NC 452:2006 *Envases, Embalajes y Medios Auxiliares. Requisitos Sanitarios Generales*.
45. NC 877: 2012 *HARINA DE TRIGO — ESPECIFICACIONES*
46. Ospina B, Ceballos H (Eds.). 2012. *Cassava in the Third Millennium. Modern production, processing, use and marketing systems*. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Latin American and Caribbean Consortium to Support Cassava Research and Development (CLAYUCA). Cali,
47. Pereira, C. A. (2019). *Actualidad de la gestión empresarial en las pymes*. Apuntes Contables. Colombia.

48. Peters, Max S.; Timmerhaus, Klaus D., 1991. Plant design and economics for chemical engineers. 4th Edition. University of Colorado: Ed. McGraw - Hill.
49. Pozo, J. M. (2007) Desarrollo de las PyMEs latinoamericanas. El caso de Cuba, Quito, Ecuador.
50. Raudez, G. y Poveda, M. 2004. Caracterización y evaluación preliminar de seis tipos de genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.)
51. Sánchez, L. (2020). Diseño preliminar de una minindustria para la elaboración de mermelada de guayaba en el municipio Limonar. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Matanzas.
52. Santiago, Chile. FAO. 104 p.
53. Santos, I; Medina, N; Machado, Y; Martin, TM. (2011). COMPENDIO: "LA EDUCACIÓN AGROPECUARIA EN LA ESCUELA CUBANA ACTUAL".
54. Saravacos, G.; Kostaropoulos, E., 2016. Handbook of Food Processing Equipment. 2nd Edition. Switzerland: Springer. 775 p.
55. Sifre, M. D., Peraire, M., Simó, D., Segura, A., Simó, P., & Tosca, P. (2018). La harina. Universitat Jaume I. Recuperado de: <http://bibliotecavirtualsenior.es/wp-content/uploads/2019/06/LAHARINA.pdf>.
56. Tamiani, H. 2009. Lo mejor de la calidad en Pymes. Petrotecnia. https://www.petrotecnia.com.ar/febrero09/lo_mejor_de_la_calidad.pdf
57. Torres, G.E., 2007. Estudio de prefactibilidad para el montaje de una planta procesadora de frutas amazónicas en el departamento del Putumayo. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Administrador de Empresas Agropecuarias. Universidad de La Salle, Bogotá D.C., Colombia.
58. Tovar, M.E., 2009. Diseño de plantas de proceso. Unidad 3: Estimación de costos en plantas químicas. Rescatado de artículos de la revista Ingeniería Química (I), (II), (III). Sept-Nov. 1991
59. Turton, R; Bailie, R; Whiting, W; Shaeiwitz, J y Bhattacharyya, D.2018. Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes. 5th Edition. West Virginia: Ed. Prentice Hall. 1 549 p.

60. Ulrich, G.D., 1985. Diseño y economía de los procesos de Ingeniería Química.
61. Unión Europea (UE), 2005. Definición de microempresas, pequeñas empresas y medianas empresas. Actividades de la Unión Europea. Síntesis de la legislación.
62. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
63. Van Auken, P. & Howard, E. (1993). A factor analytic study of the perceived causes of small business failure. *Journal of Small Business Management*, 31(4), 23-31. Consultado Octubre 11, 2007, de ABI/Inform global.
64. Vargas, P; Hernández, D. Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*. Vol. 26, N° 1 Pág37-45
65. VARONA. (2017). Especificaciones técnicas generales. Minindustria para el procesamiento de frutas y vegetales 1000 kg/h. La Habana, Cuba.
66. Villanueva, S.J., 2016. Introducción a la Tecnología del Mango. CIATEJ. Tecnología Alimentaria. 1era Edición. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Jalisco, México.
67. Villegas, D.I.; Toro, I.D., 2010. SMEs: a view from a MBA's academic experiences.
68. Wells, G.L.; Rose, L.M., 1986. The art of chemical process design. Elsevier Science, Amsterdam.

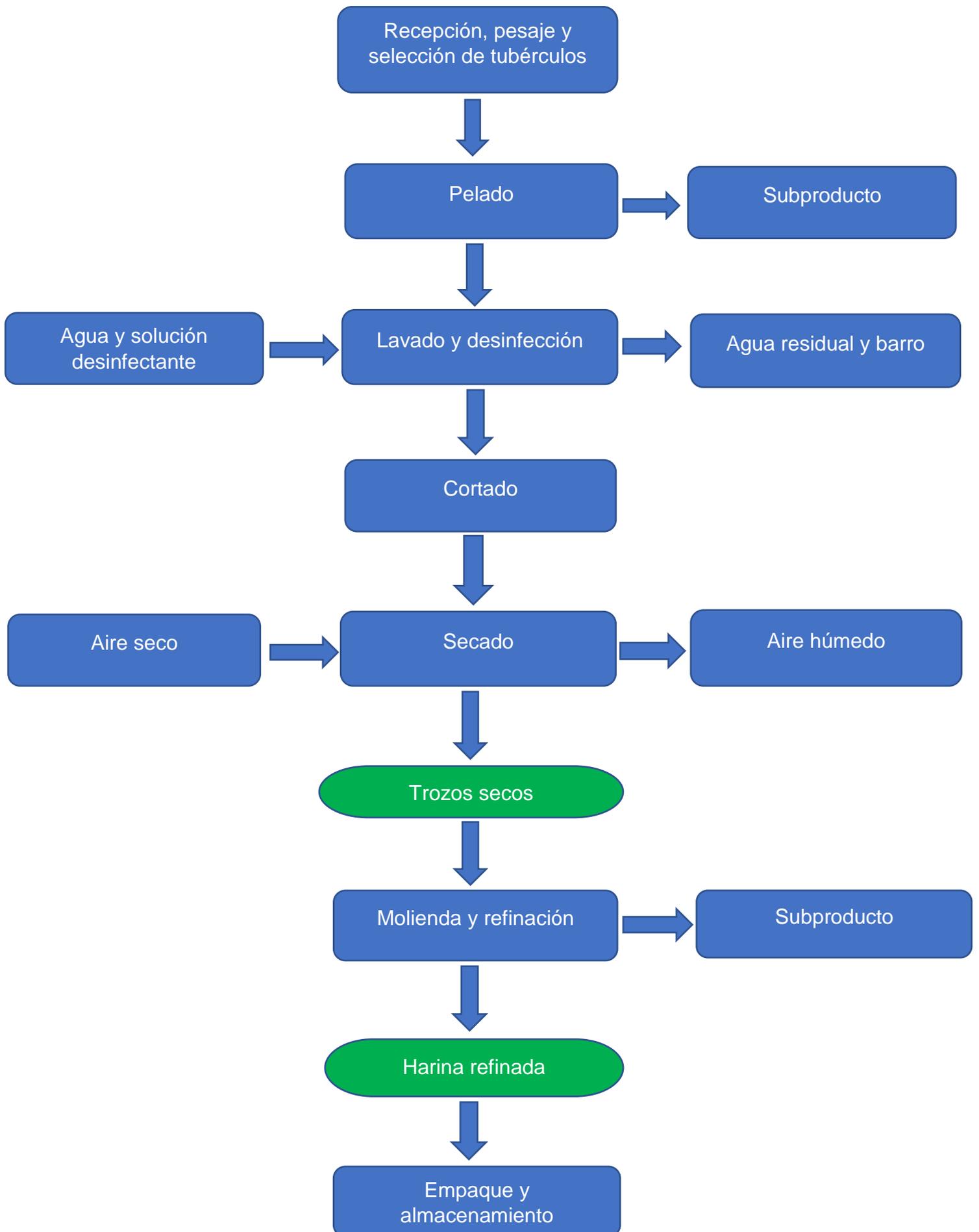
Anexos.

Anexo 1: Etapas y operaciones involucradas en el proceso.

No	Etapas del proceso	Operación de cada etapa
1	Preparación de la materia prima	Recepción y pesaje de la materia prima Lavado, desinfección y pelado
2	Cortado, secado y triturado	Cortado Secado Triturado
3	Molido y refinación	Pulverizado
4	Empaquetado	Envasado de la harina obtenida
5	Almacenamiento del producto	Etiquetado Almacenamiento del producto

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Diagrama de bloques del proceso de elaboración de harina de yuca y boniato.



Anexo 3: Variables controladas en los equipos.

Equipos	Variable	Rango
Balanza	Peso	Hasta 250kg
Lavador	Concentración de cloro en agua	1.5 %
Picador	Espesor	2-3 cm
Secador	Humedad	10-12 %
Molino-refinador	Granulometría	<60 micras

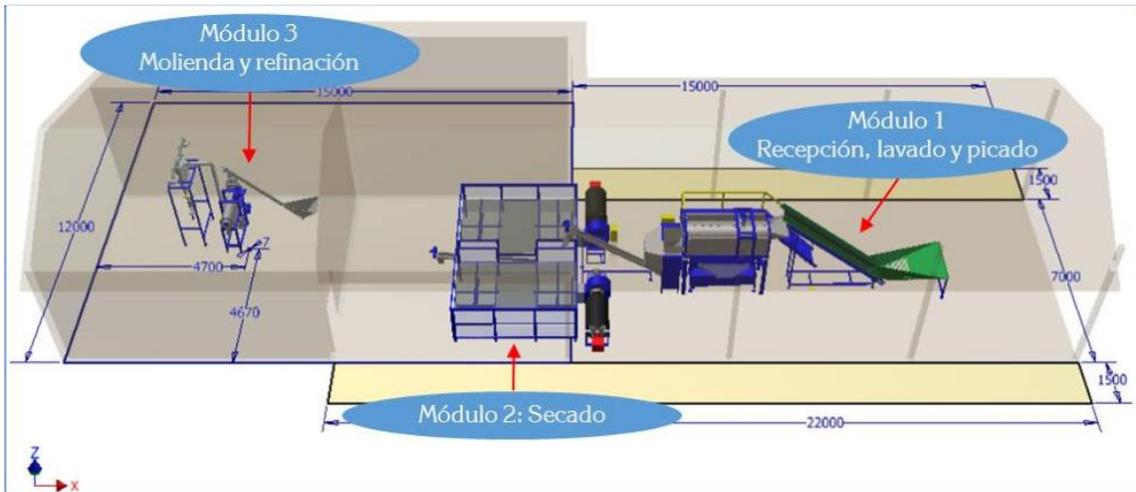
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Factores de Lang para la estimación de la inversión en plantas químicas.

Tipo de proceso	Acero al carbono	Acero inoxidable	Súper aleaciones
Fluidos	4.74	3.0	3.0
Sólidos	3.10	2.5	2.0
Sólido-fluido	3.63	2.8	2.5

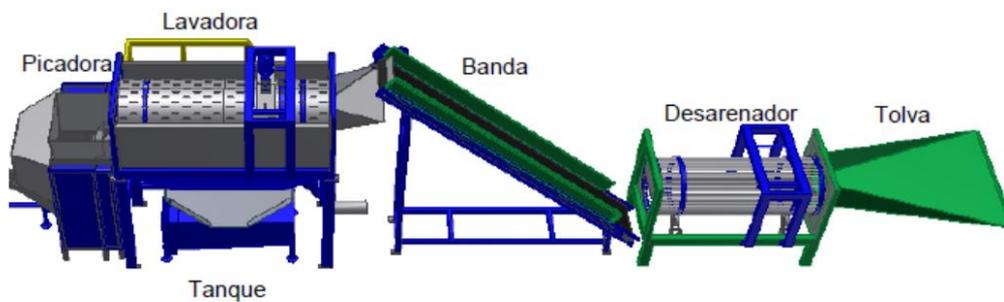
Fuente: Tovar (2009)

Anexo 5: Equipos propuestos del proceso.



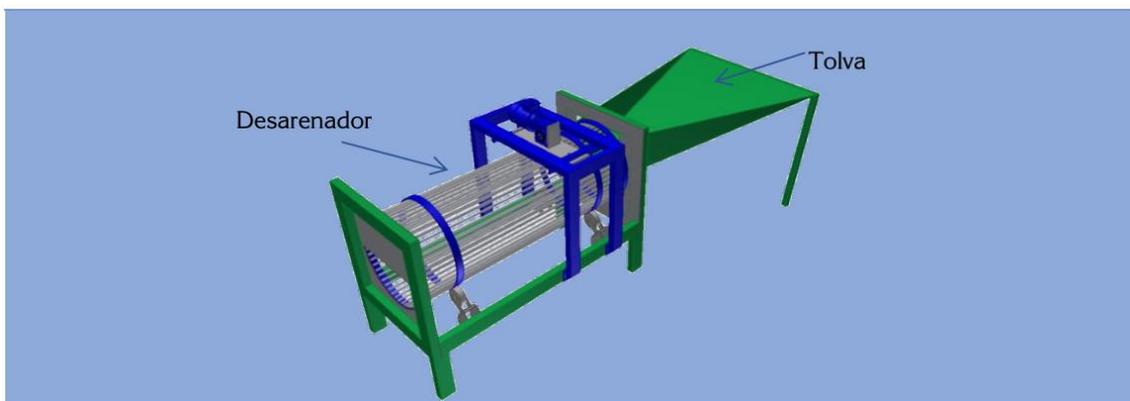
Fuente: Gallego y García (2015).

a. Módulo 1. Recepción, lavado y picado.



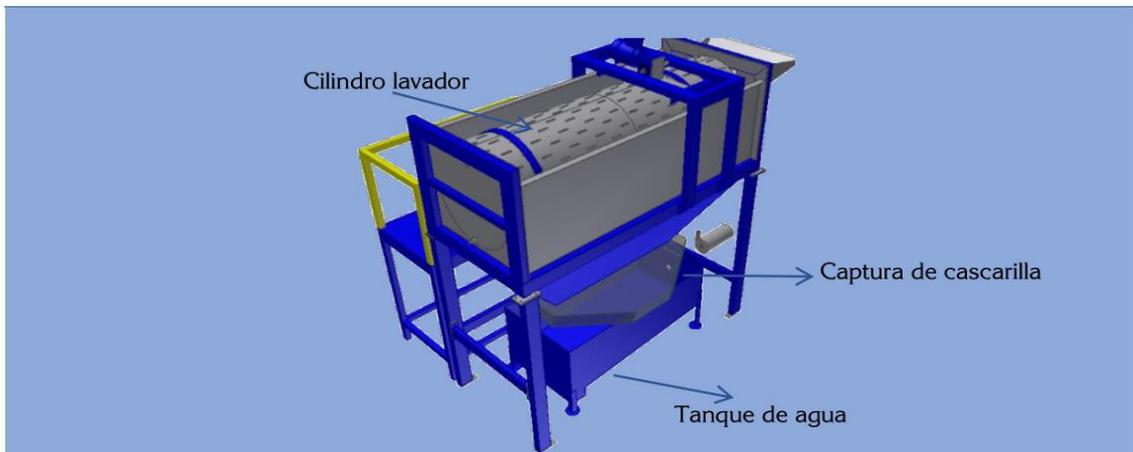
Fuente: Gallego y García (2015).

Desarenador.



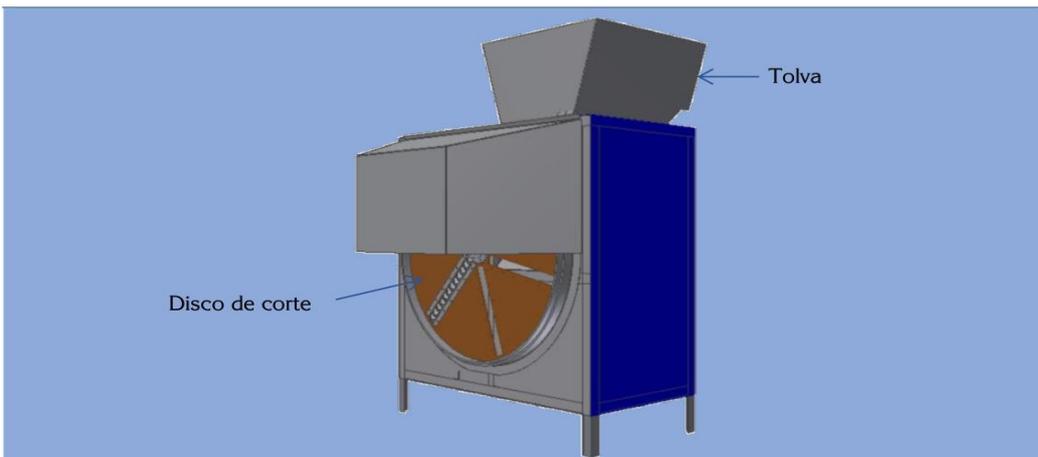
Fuente: Gallego y García (2015).

Lavador.



Fuente: Gallego y García (2015).

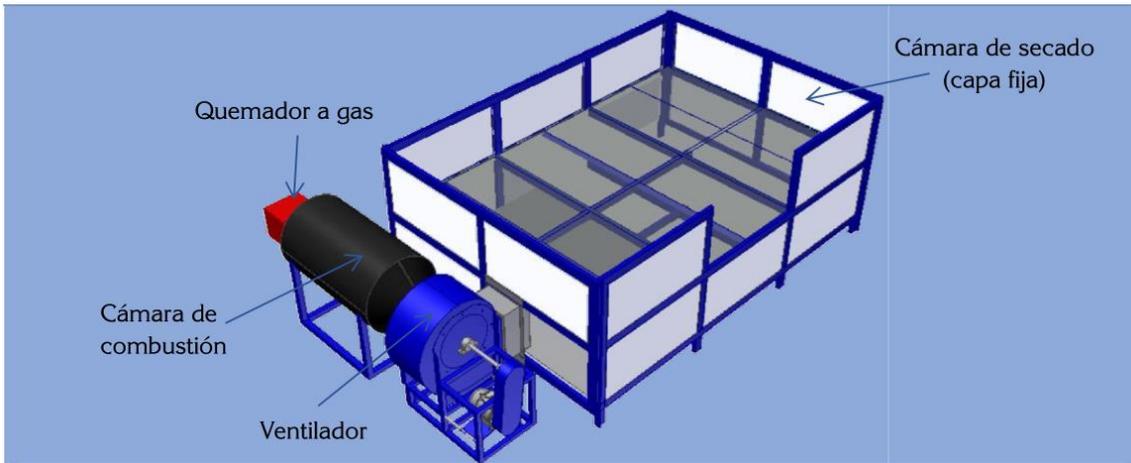
Picador tipo Colombia.



Fuente: Gallego y García (2015).

b. Módulo 2. Secado de trozos frescos.

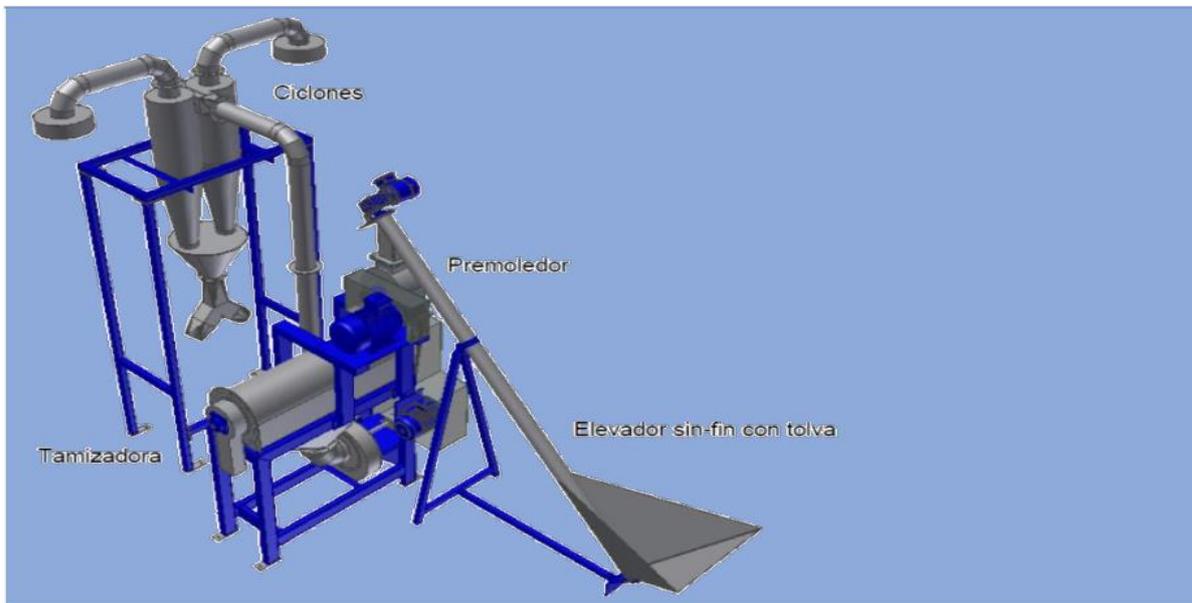
Secador.



Fuente: Gallego y García (2015).

c. Módulo 3. Molienda y refinación de trozos secos.

Molino-tamizador.



Fuente: Gallego y García (2015).

Anexo 6: Periodos de cultivos de los tubérculos

Cultivos	Clones	Fecha de plantación	Ciclo de cosecha	Hileras (cm)	Plantas (cm)
Boniato	CEMSA 78-354	Marzo - mayo	120 a 135 días	90	20 a 25
	CEMSA 74-228	Marzo - mayo	120 a 135 días	90	20 a 25
	YABU 8	Marzo - mayo	135 a 150 días	90	20 a 25
	CEMSA 78-326	Marzo - mayo	120 a 135 días	90	20 a 25
	CAUTILLO	Junio- agosto	90 a 100	90	20 a 25
	INIVIT B- 88	Junio- agosto	100	90	20 a 25
Yuca	CEM- 40	Nov. – dic.	Junio – oct.		
	CEMSA 74- 6329	Nov. – dic.	A partir de los 7 meses de plantada y hasta 12.	90	90
	Señorita	Nov. Feb.	Dic. – may.	90	90
	CEMSA 74- 725	Nov. Feb.	Oct. – enero.	90	90

Fuente: Santos, I; Medina, N; Machado, Y; Martin, TM. (2011).

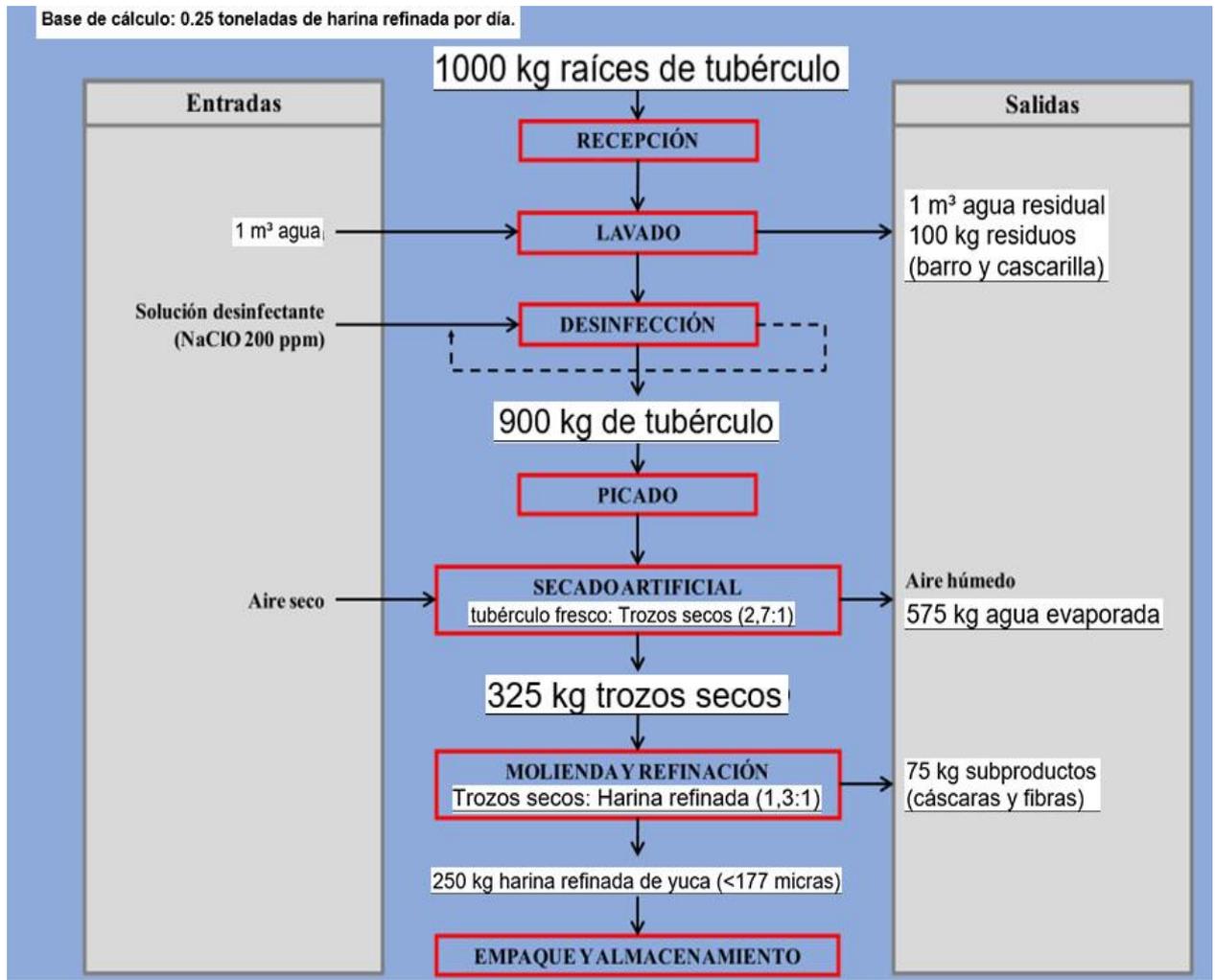
Anexo 7: Recogida de cosecha para una recogida de 39 toneladas de boniato y 37 toneladas de yuca.

Tubérculo / Meses	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Boniato		x	x	X	
	Toneladas Recogidas	13	13	13	
Yuca	X	x	x	X	x
	Toneladas Recogidas	7.4	7.4	7.4	7.4

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla, los picos de cosecha ocurren en los meses de julio, agosto y septiembre, alcanzando un valor máximo de 20.4 toneladas aproximadamente en el mes.

Anexo 8: Balance de masa.



Fuente: Elaboración propia.

Para este balance de masa y el proceso en general, se tiene en cuenta lo siguiente:

- La planta trabaja 24 días al mes.
- 12 h diarias de trabajo.
- Se realizan 4 lotes de producción en el día.
- Tiempo de duración de cada lote: 3 horas.

Anexo 9: Mesa de trabajo.



Fuente: Varona (2017).

Anexo 10. Costo base de los principales equipos del proceso.

Equipos	Características	Material	Función	No. de unidades	Costo unitario CUP	Referencia
Mesa	Mesa con pequeño desnivel 1200x800x900 Mm	AISI 304	Preselección y selección	2	2500	VARONA (2017)
Balanza electrónica	0.5x0.4x0.8 m Capacidad Max: 250 kg	Acero inoxidable	Pesado de las materias primas	1	2700	Catálogo de venta online grantech.com (2022)
Tolva	1.2x1.5x1m Capacidad Max: 300 kg	Acero	Alimentación de materia prima al desarenador	1	2350	Catálogo de ventas online AliExpress.com (2022)
Desarenador	1.2x1m Diámetro:0.4m Capacidad Max: 300 kg Potencia: 1.5kw	Acero inoxidable	Eliminar cascarilla	1	2500	Catálogo de venta online Alibaba.com (2022)
Lavador	1.5x1.5m Diámetro:0.6m Capacidad 250-300kg Potencia:1.8 kw	Acero inoxidable	Lavado y desinfección	1	23 725	Catálogo de venta online Alibaba.com (2022)
Picadora	0.7x1.2 Capacidad 500kg/h Potencia: 1.5 kw	Acero inoxidable	Trozar	1	15250	Catálogo de venta online Manomano.es (2022)
Secador	2x2.5x1.5m Capacidad 300kg/lote Potencia: 1 kw Consumo combustible:1.5L/h	Acero inoxidable	Secado de materia prima	1	85 000	Catálogo de ventas online AliExpress.com (2022)
Molino-tamizador	2x1.5x2m Capacidad:400kg/h Potencia: 3.5 kw	Acero inoxidable	Reducción del tamaño del trozo y obtención de harina	1	65 000	Catálogo de ventas online amazon.es (2022)

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11. Porcentaje de los costos de adquisición de los equipos con relación al costo total.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12. Materias primas y costos.

Materias Primas	Toneladas a procesar/ año	Costo (CUP)/ tonelada	Referencia
Yuca	39	4400	Acopio
Boniato	37	6600	Acopio

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13. Datos para la determinación del costo de utilidades.

a) Datos para el cálculo del costo de energía eléctrica.

Equipo	Potencia(kW)	No. unidades	Tiempo de operación(h)	Consumo(kWh)
Desarenador	1.5	1	1.5	2.25
Lavador	1.8	1	1.5	2.70
Picador	1.5	1	1.5	2.25
Secador	1.0	1	3	3
Molino-tamizador	3.5	1	2	7
Consumo diario				17.20
Consumo mensual				412.8
Consumo anual				2064

Fuente: Elaboración propia.

b) Datos para el cálculo del costo de agua.

Uso	Valor	
Lavado	120 000	Consumo (kg/a)
Limpieza e higiene	480 000	
	600 000	Consumo total (kg/a)
	600	Consumo total (m ³ /a)

Fuente: Elaboración propia.

c) Datos para el cálculo del costo de combustible.

Equipo	Consumo de combustible (L/h)	No. unidades	Tiempo de operación(h)	Consumo(L)
Secador	1.5	1	3	4.5
Consumo diario				4.5
Consumo mensual				108
Consumo anual				540

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14. Costo unitario de las utilidades.

Utilidad	Costo unitario	Unidades	Referencia
Agua	2,34	[CUP/m ³]	GOC-2021-133-EX7
Electricidad	1,805	[CUP/kWh]	GOC-2021-346-EX26
Petróleo	13.40	[CUP/L]	Precio CCS

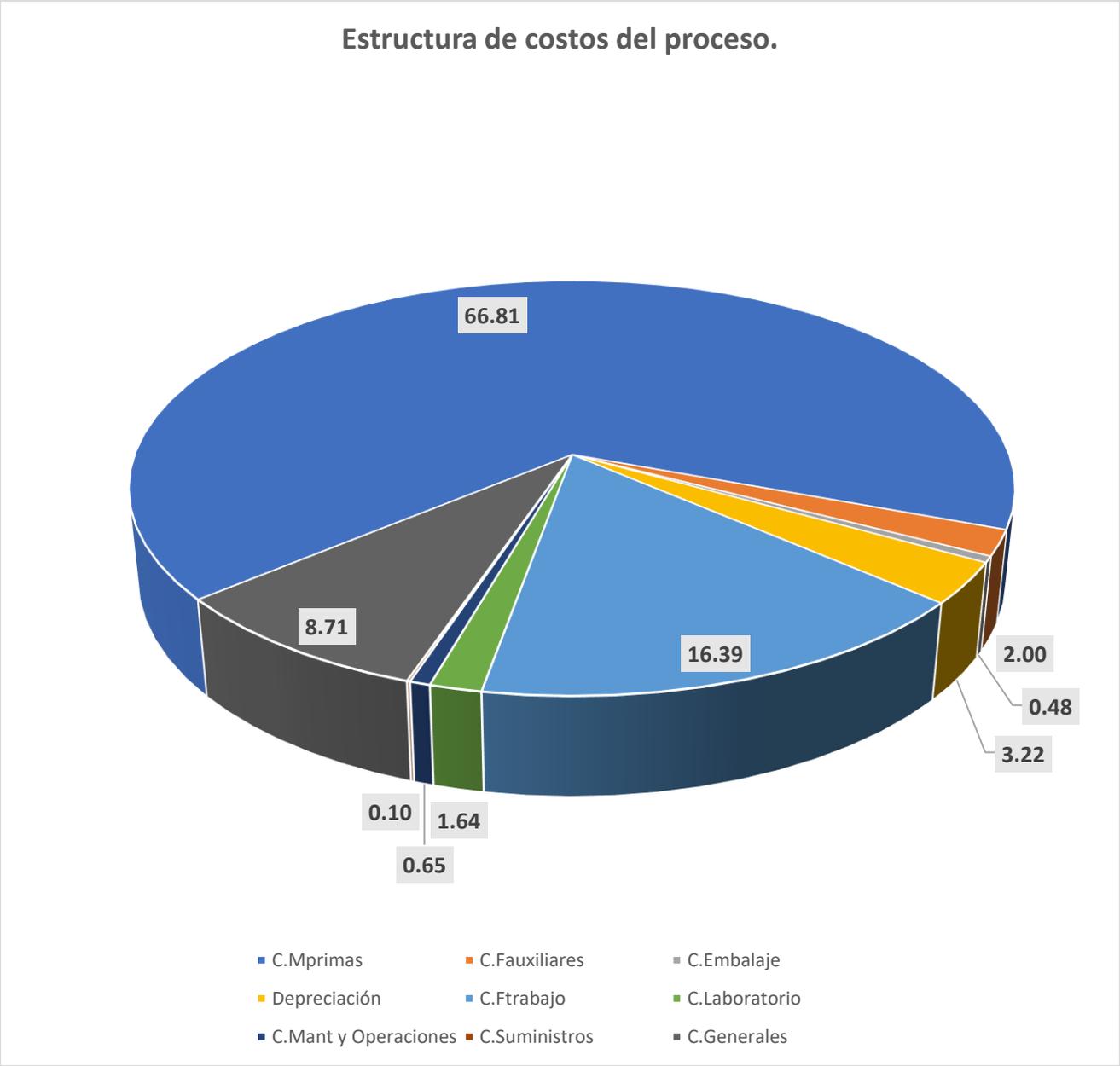
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 15. Costos fijos y costos variables

	Costos	Criterio	Referencias	Costo de Producción (CUP/a)
Costos variables	Materias primas (CMP)	----	----	415 800
	Facilidades auxiliares (CFAux)	----	----	12 430.50
	Embalaje (CEmb)	----	----	3000
Costos fijos	Depreciación (Dep)	10% anual de la inversión	Turton (2018)	20152.5
	Fuerza de trabajo (CFtrab)		----	102 000
	Laboratorio (CLab)	10% anual de CFtrab	Brizuela (1987)	10 200
	Mantenimiento o reparaciones (CMant)	2% anual de la inversión		4030.5
	Suministro de operación (CSum)	15% de CMant		604.575
Generales (CGen)	50% de (CFtrab+CMant)	56100		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16: Representación gráfica en porcentaje de los costos de producción.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17. Sacos de harina



Fuente: Pinterest.

Sacos de polietileno de 50 kg.

Producción anual: 600 sacos (30 toneladas).

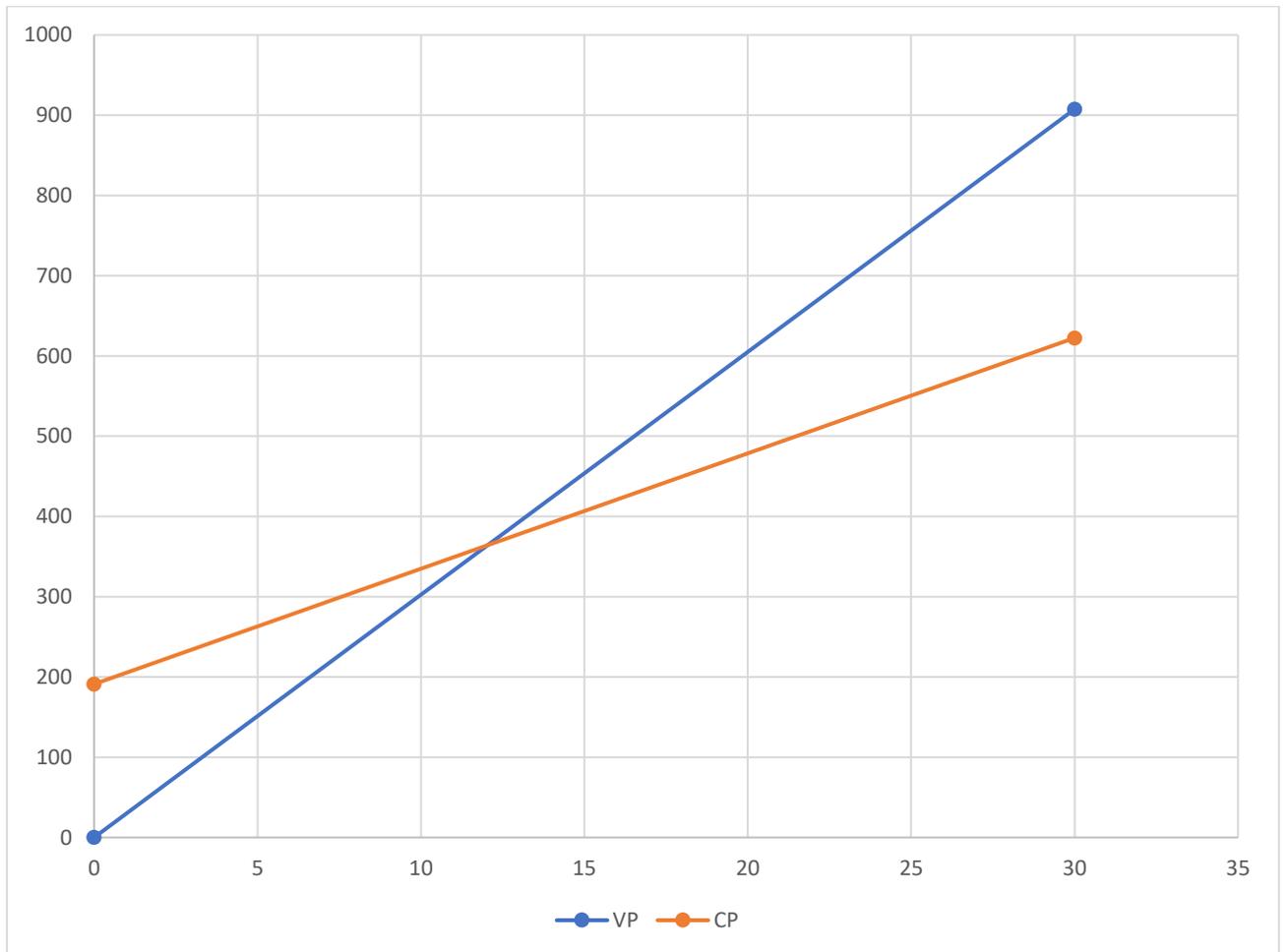
Anexo 18.

Resultados de los indicadores económicos del proceso productivo.

Indicadores	Valores	Unidades
Costos variables	431 230.50	(CUP/a)
Costos fijos	191 172.82	(CUP/a)
Costo de producción	622 403.32	(CUP/a)
Valor de producción	907 500	(CUP/a)
Ganancia	285 096.68	(CUP/a)
Costo unitario del producto	20.5	(CUP/kg)
Punto de equilibrio	12 041.89	(kg/a)
Rentabilidad	45.81	(%)
Costo/peso	0.69	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19. Gráfico del punto de equilibrio.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20. Flujo de caja.

Aspecto	Años del horizonte de la inversión (tiempo de vida útil)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inv	503 812.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ing	0	970 500	970 500	970 500	970 500	970 500	970 500	970 500	970 500	970 500	970 500
Egr	503 812.5	622 403.3	622 403.3	622 403.3	622 403.3	622 403.3	622 403.3	622 403.3	622 403.3	622 403.3	622 403.3
Mov Fon	-503 812.5	348 096.7	348 096.7	348 096.7	348 096.7	348 096.7	348 096.7	348 096.7	348 096.7	348 096.7	348 096.7
Mov Fon Acum	-503 812.5	-155 716	192 380.9	540 477.5	888574.2	1236671	1584768	1932864	2280961	2629058	2977154
Fact Act	1	0.909	0.826	0.751	0.683	0.621	0.5643	0.513	0.466	0.424	0.385
Mov Fon Act 12%	-503 812.5	316419.9	287527.9	261420.6	237750	216168	196431	178573.6	162213.1	147593	134017.2
Fact Actu 35%	1	0.741	0.549	0.406	0.301	0.223	0.165	0.122	0.091	0.067	0.049
Mov Fon Act	-503 812.5	257939.6	191105.1	141327.3	104777.1	77625.56	57435.95	42467.79	31676.8	23322.48	17056.74

Fuente: Elaboración propia. Inv: inversión, Ing: ingresos, Egr: egresos, Mov Fon: movimientos de fondos, Mov Fon Acum: movimientos de fondos acumulados, Fact act: factor de actualización, Mov Fon act: movimientos de fondos actualizados

