

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA FABRICAR ALMIDON  
A PARTIR DE LA RAIZ DE MALANGA (Colocacia esculenta)

IRMA GUILLERMINA CORTEZ DAVILA

BIBLIOTECA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
GUATEMALA

1997



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA FABRICAR ALMIDON  
A PARTIR DE LA RAIZ DE MALANGA (Colocacia esculenta)**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA FABRICAR ALMIDON  
A PARTIR DE LA RAIZ DE MALANGA (Colocacia esculenta)**

**IRMA GUILLERMINA CORTEZ DAVILA**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO PARA OPTAR AL  
GRADO ACADEMICO DE LICENCIADA EN INGENIERIA QUIMICA**

**GUATEMALA**

**1997**

## ACTO QUE DEDICO

- A DIOS** Mi fuente inagotable de misericordia y amor. De El es toda la Gloria y el Honor.
- A MIS PADRES** Gerardo Cortez Moran e Irma Violeta Dávila de Cortez  
Con todo mi amor y admiración a mis más grandes apoyos y ejemplos vivos del poder y el amor de Dios. Este triunfo es de ustedes mis padres amados!
- A MIS HERMANOS** Gerardito, Claudia, Wendy, Alejandro y Lucita  
Mis mejores compañeros, doblemente hermanos, y el más grande y hermoso apoyo que Dios me ha dado para compartir en la vida.
- A MIS CUÑADOS** Ana Elisa Menendez, Jackeline Barahona y Juan José Avila  
Con mucho cariño y en agradecimiento a su apoyo en todo momento
- A MIS SOBRINITOS** Christian, Geraldine y María Rebequita  
Como un testimonio de la fidelidad de Dios, a quien deben alabar con sus vidas
- A MIS ABUELITOS** Gerardo Cortez Corado y Rogelia Moran De Cortez,  
Salvador Davila Palala y Guillermina Ibarra De Davila  
Seres progenitores de mis amados e incomparables Padres, ejemplos de sabiduría y amor.
- A MIS TIOS Y TIAS** Consejeros y amigos, modelos de unidad, fuerza y amor.
- A MIS PRIMOS** Con amor fraternal, en agradecimiento al apoyo que me han dado en todo momento
- A LA FAMILIA  
LOPEZ GARCIA** En reconocimiento a su apoyo incondicional y su valioso respaldo en oración.
- AL COLEGIO  
AMERICANO DE  
GUATEMALA** En agradecimiento por su respaldo y apoyo que me dieron siempre para superarme.
- A MIS AMIGOS,  
EN ESPECIAL A** Má. Isabel, Zenaida, Claudia, Rita, Walter, Victor, Darilena, Rolando, Juan Carlos, porque con sus finezas y el apoyo que siempre me brindaron se hacen partícipes de este triunfo.

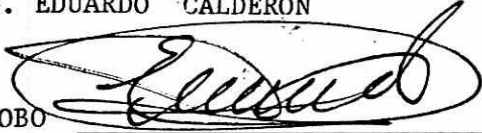
A todas las personas que no menciono pero que tengo en mi corazón por el apoyo y cariño que me han demostrado en todo momento. ¡Que Dios los bendiga!

## **DEDICO ESTE TRABAJO**


- A DIOS** Mi fuente inagotable de misericordia y amor. De El es toda la Gloria y el Honor.
- A MIS PADRES** Gerardo Cortez Moran e Irma Violeta Dávila de Cortez  
Con todo mi amor y admiración a mis más grandes apoyos y ejemplos vivos del poder y el amor de Dios. Este triunfo es de ustedes mis padres amados!
- A MIS HERMANOS** Gerardito, Claudia, Wendy, Alejandro y Lucita  
Mis mejores compañeros, doblemente hermanos, y el más grande y hermoso apoyo que Dios me ha dado para compartir en la vida.
- A MIS CUÑADOS** Ana Elisa Menendez, Jackeline Barahona y Juan José Avila  
Con mucho cariño y en agradecimiento a su apoyo en todo momento
- A MIS SOBRINITOS** Christian, Geraldine y María Rebequita  
Como un testimonio de la fidelidad de Dios, a quien deben alabar con sus vidas
- A MIS ABUELITOS** Gerardo Cortez Corado y Rogelia Moran De Cortez,  
Salvador Davila Palala y Guillermina Ibarra De Davila  
Seres progenitores de mis amados e incomparables Padres, ejemplos de sabiduría y amor.
- A MIS TIOS Y TIAS** Consejeros y amigos, modelos de unidad, fuerza y amor.
- A MIS PRIMOS** Con amor fraternal, en agradecimiento al apoyo que me han dado en todo momento
- A LA FAMILIA LOPEZ GARCIA** En reconocimiento a su apoyo incondicional y su valioso respaldo en oración.
- AL COLEGIO AMERICANO DE GUATEMALA** En agradecimiento por su respaldo y apoyo que me dieron siempre para superarme.
- A MIS AMIGOS, EN ESPECIAL A** Má. Isabel, Zenaida, Claudia, Rita, Walter, Victor, Darilena, Rolando, Juan Carlos, porque con sus finezas y el apoyo que siempre me brindaron se hacen partícipes de este triunfo.

A todas las personas que no menciono pero que tengo en mi corazón por el apoyo y cariño que me han demostrado en todo momento. ¡Que Dios los bendiga!

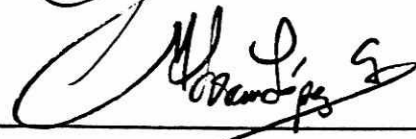
ASESOR : ING. EDUARDO CALDERON

VOBO   
\_\_\_\_\_


TRENA EXAMINADORA

VOBO   
\_\_\_\_\_

ING. GAMALIEL ZAMBRANO

VOBO   
\_\_\_\_\_

ING. LORENA LOPEZ

VOBO   
\_\_\_\_\_

ING. EDUARDO CALDERON

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 1997

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pag.
RESUMEN	II
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Malanga	3
1. Generalidades	3
2. Cultivo y contenido de almidón	3
B. Elaboración de almidón	5
1. Etapas	5
2. Fuerza Motriz	9
III. JUSTIFICACION	12
IV. OBJETIVOS	13
V. PROBLEMA A RESOLVER	14
VI. METODOLOGIA	15
VII. ESTUDIO DE MERCADO	16
A. Definición del producto	16
B. Precios y costos actuales	17
C. Fuentes de abastecimiento	17
VIII. CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LA PLANTA	18
A. Capacidad	18
B. Localización	19
IX. ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS	24
A. Rallado	24
B. Tamizado	26
C. Purificación	28
D. Secado	31
X. DESCRIPCION DEL PROCESO	35
XI. EQUIPO	39
A. Preparación y extracción	39
B. Extracción de almidón	42
C. Purificación de almidón	42
D. Deshidratación y secado	43

E. Otros equipos	45
F. Lista del equipo con costos	46
XII. TERRENO Y EDIFICIOS	47
A. Terreno	47
B. Edificios	48
XIII. MATERIA PRIMA, SERVICIOS AUXILIARES Y PERSONAL	49
A. Cifras operacionales	49
B. Materia Prima	49
C. Servicios auxiliares	49
D. Personal	49
XIV. ESTUDIO ECONOMICO	51
A. Inversión total	51
1. Inversión fija	52
2. Inversión o gastos diferidos	53
3. Capital de trabajo	53
B. Costos operacionales y capital de explotación	54
1. Costos de producción	54
2. Costos de administración y ventas	54
C. Ingresos	56
D. Rentabilidad estimada de la fábrica	56
E. Tiempo de recuperación de capital y punto de equilibrio	57
XV. DISCUSION	60
XVI. CONCLUSIONES	63
XVII. RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFIA	65
APENDICES	67
1. Datos de las raíces de malanga y del proceso de obtención de almidón	67
2. Importaciones de almidón de maíz	68
3. Fórmulas utilizadas en la evaluación técnica	69
4. Recomendaciones para el cultivo de la malanga	71
5. Balances de masa y energía del proceso	74
6. Distribución de la planta	76

7. Cálculo de la tasa interna de retorno, TIR	77
---	----

## INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA	Pag.
2.1 Localización en Guatemala de los cultivos de malanga con mayor contenido de almidón	22

## INDICE DE TABLAS

2.1 Localización en Guatemala de los cultivos de malanga con mayor contenido de almidón	3
8.1 Localización de la Planta	23
12.1 Distribución del terreno de la fábrica	46
13.1 Materia Prima	49
13.2 Personal	50
14.1 Descripción de la Inversión fija	51
14.2 Descripción de la Inversión diferida	53
14.3 Descripción del Capital de trabajo	53
14.4 Costos operacionales y capital de explotación	55
14.5 Indices de rentabilidad y beneficios estimados	57
14.6 Curva de aprendizaje	58
14.7 Tasa Interna de Retorno	59

## RESUMEN

El presente trabajo es un estudio de factibilidad para montar una planta de elaboración de almidón a partir de raíces de malanga, con tal de presentarlo en el mercado como una alternativa económica y funcional, que podría llegar en algún momento a sustituir a almidón de maíz.

La planta se localiza en Puerto Barrios, Izabal, ocupando un terreno de 15,000 metros cuadrados, está equipada con alta tecnología, a una capacidad nominal de 16 Ton / día, y se necesitan 77 empleados para trabajarla, entre mano de obra directa, mano de obra indirecta y gerencia. El almidón que se presenta al mercado tiene un 13% de humedad y un precio de Q2.84/Kg.

El proceso de extracción consiste básicamente en el rompimiento celular para liberar los gránulos de almidón, y luego la separación de la fécula de la pulpa que se produce como consecuencia de la trituración de las raíces.

Se determinó que la tasa interna de retorno para el proyecto con una inversión inicial de Q 5,862,700 es de 45.78%, y que el capital se puede recuperar en 2.2 años. En cuanto a beneficios, por capital invertido se espera tener 52.9%, por costo operatorio un 26.3%, y por capital de trabajo 78.9%.

## I. INTRODUCCION

El presente trabajo es un estudio de factibilidad para producir industrial y comercialmente el almidón de la raíz de malanga, con el fin de presentarlo como una alternativa para el consumo local de la población guatemalteca.

Los almidones se obtienen, actualmente en muchos países, partiendo de materias primas amiláceas muy diversas, tales como trigo, cebada, maíz, arroz, patatas, batatas, yuca, palma sagú, maíz céreo, etc. Aunque tienen reacciones químicas similares y suelen ser intercambiables, los almidones de diferentes procedencias tienen estructuras granulares distintas que influyen en sus propiedades físicas.

En Guatemala se consume el almidón extraído de maíz o maicillo, aunque también se utiliza la yuca como fuente para producirlo, pero los suelos del Nor-Oriente del país tienen un alto potencial que favorece el cultivo de una buena variedad de un tubérculo parecido a la yuca, conocido como malanga o papamalanga, cuyo contenido de almidón es significativo, y que puede utilizarse como materia prima para producirlo.

El almidón y los productos amiláceos se usan en muchas industrias alimentarias y no alimentarias, así como en calidad de materias primas químicas para otras muchas aplicaciones, por ejemplo, plásticos, curtido de pieles, y otras.

El uso no alimentario de almidones, como en revestimientos, adhesivos y colas, representa, aproximadamente, 75 % de la producción de la industria del almidón comercial (4).

Para evaluar la factibilidad de realización del proyecto, se evalúan los siguientes factores: disponibilidad y ubicación de materia prima, fuentes de energía disponibles, demanda y consumo interno del almidón, opciones de maquinaria, equipo, mano de obra y la rentabilidad del proceso.

## II. ANTECEDENTES

### A. Malanga

#### 1. Generalidades

La malanga, cuyo nombre científico es Colocabais esculenta (L.) Schott, Melet, también es conocida como Coco en Africa, Xacoz en Cobán, Papa malanga, oreja de elefante o Dasheen, en Estados Unidos. Es nativa de las Indias Orientales pero ahora generalmente crece en regiones tropicales y subtropicales (16).

Es típica de la estación lluviosa, requiriendo precipitaciones de 1800 a 2500 mm, a la vez que necesita de una temperatura que oscile entre 25 y 30°C. Requiere suelos francos con textura arcillo arenosos y ricos en humus con pH de 5.5 a 6.5. Cuando en el terreno abunda la materia orgánica el pH puede ser más elevado o del neutro al ligeramente alcalino. También se cultiva en buenas condiciones a orillas de canales de riego y en terrenos pantanosos (12).

En Guatemala es plantada para ornamento en varias regiones, y ocasionalmente en las tierras bajas para alimento; está más o menos naturalizada en la Costa Norte y Alta Verapaz. Crece y se produce fácilmente, pero aparentemente, a la gente no le gusta para comérsela (16).

## 2. Cultivo y contenido de almidón en la malanga

En Guatemala se han reportado cultivos de malanga en:

TABLA 2.1

Sitio de colecta	Altitud msnm	Coordenadas
Tituque, Olapa Chiquimula	1360	14 41N 89 21W
Atulapa, Esquipulas, Chiquimula	970	14 32N 89 21W
Monjas, Jalapa	961	14 30N 89 52W
Agua Caliente, Pto. Barrios, Izabal	1	15 14N 88 36W
Panzós, Alta Verapaz	18	15 23N 89 38W
La Unión, San Luis, Petén	380	16 11N 89 26W
Chocón Cadenas, Livingston	40	15 52N 89 15W
Puerto Barrios, Izabal	1	15 44N 88 36W
Parc. St. Tomás, Sayaxche, Petén	180	16 25N 90 11W
Las cruces, La Libertad, Petén	140	16 40N 90 16W
Nica, Malacatán, San Marcos	200	14 50N 92 08W
La Unión, Zacapa	900	14 57N 89 17W

Fuente: Archivo, Proyectos de Recolección de algunos cultivos Nativos de Guatemala, Facultad de Agronomía, USAC, ICTA, CIRF.

Morales, en su trabajo de caracterización de variedades de malanga, estableció que según la prueba de Tukey, los cultivadores de malanga ubicados en La Unión Zacapa, Chocón Cadenas, Livingston Izabal, Las Cruces en La Libertad Petén, y Pto. Barrios Izabal, son los que tienen el mayor contenido de almidón, siendo sus valores en su orden: 60.22, 59.84, 59.80, y 58.13, y el cultivo con más bajo contenido el que se ubica en: Atulapa, Esquipulas, Chiquimula, con 25.70. (12)

De Haas y Goering evaluaron el tamaño del gránulo de almidón de doce diferentes variedades de malanga que fueron cultivadas en la misma localidad y cosechadas al mismo tiempo, y concluyeron que el gránulo de almidón depende de

la variedad. Seis de las doce variedades mostraron un gránulo de almidón pequeño en un rango de tamaño general de 1.5-4.0 micras, mientras que las otras variedades mostraron tamaño mayor en el rango de 2.0-6.6 micras. También reportaron que el almidón de malanga tiene aproximadamente 50% del contenido de amilosa observado en almidones de cereales tradicionales y como éstos, tiene un contenido proporcionalmente más elevado de amilopectina. Al efectuar sus pruebas, encontraron que los almidones de malanga formaron una pasta más transparente y fibrosa que las pastas formadas usando almidón de cereales. En este aspecto son similares a la pasta que forma el almidón de papa (2).

J. Fukuba y D. Kinjo realizaron un estudio de comportamiento de almidón de malanga y encontraron que éste es bajo en amilosa (7-10%) y reportaron que en su forma poligonal, el almidón de malanga tiene un tamaño promedio de 3-4 micras y comienza a formar gelatina a una temperatura de 72°C. Los datos de viscosidad del almidón de malanga en dicho estudio, mostraron que la temperatura de gelatinización está cerca de los 78°C y la viscosidad del almidón alcanza su punto más alto a 570 unidades Brabender y se da un punto de ruptura en 130 unidades (3).

El almidón de la malanga está en gránulos encerrados en células, junto con todos los demás componentes del protoplasma, es decir, proteínas, hidratos de carbono soluble, grasas. etc., que solamente pueden separarse mediante un proceso de purificación durante la fase de su tratamiento con agua. (4)

López en su trabajo de caracterización fisicoquímica de la raíz de malanga, informa que en comparación con el almidón de maíz, el extraído de este tubérculo contiene mayores cantidades de material soluble en agua, a la vez que lo supera en capacidad de absorción y grasa. (10)

De acuerdo con López, al compararlo con el almidón de trigo, el de malanga es inferior al primero en su contenido proteico, en su capacidad de formar espuma y estabilidad de la misma, pero lo supera en capacidad de absorción de agua y grasa. Por otro lado, el patrón de comportamiento de la viscosidad de suspensiones de almidón de raíz de malanga es similar al que siguen las soluciones de almidón de trigo.(10)

## B. Elaboración del almidón

### 1. Etapas

- a. Preparación y extracción: Trituración de las células y separación de los gránulos de las demás sustancias insolubles, es decir, de las impurezas adheridas y del material que forma las paredes de la célula.  
Esta fase comprende las operaciones preparatorias del lavado y pelado de los tubérculos, de su rallado y del prensado de la pulpa añadiéndole agua.
- b. Purificación: Sustitución por agua pura de la solución acuosa que rodea a los gránulos de fécula o almidón en la masa que se obtiene de la fase 1. Esta fase comprende la sedimentación y lavado de la fécula en piletas y en depósitos de sedimentación, el depósito de las partículas por acarreo, la centrifugación, etc.
- c. Deshidratación y secado: Eliminación del agua mediante la centrifugación y desecación.

d. Acabado: Molienda, cernido y otras operaciones para completar la elaboración.

### **Rallado o Pulpado**

Para liberar los gránulos de almidón, es necesario romper todas las paredes celulares. Esto puede hacerse por medios bioquímicos o mecánicos (4).

El método bioquímico, que es muy antiguo, se realiza por medio de la fermentación de los tubérculos hasta una cierta fase y luego se amasa hasta obtener una pulpa. El almidón se lava al separar la pulpa con agua. Este método es antiguo, no da rendimientos completos y la calidad del almidón obtenida es baja. La acción mecánica se lleva a cabo con el corte de las raíces y luego rallar, raspar y aplastar las mismas, con lo cual se desgarran la carne y se obtiene una pulpa fina (4).

Al presionar las raíces contra una superficie provista de salientes agudizados y animada de un movimiento rápido, se desgarran las paredes de las células y toda la raíz se convierte en una masa en la que quedan libres la mayor parte, aunque no la totalidad, de los gránulos de almidón. El porcentaje de almidón liberado recibe el nombre de efecto rallador o de rallado. Su valor tras un rallado puede oscilar entre 70-90%; por lo que la eficacia de esta operación determina en gran parte el rendimiento total de almidón en la manufactura. Es difícil separar en una sola operación todo el almidón, incluso con dispositivos de rallado eficientes. Por consiguiente, la pulpa suele someterse a un segundo proceso de rallado después de la tamización (4).

### **Rallado secundario o molienda**

El efecto rallador puede variar bastante debido a la variación de la resistencia de las raíces al rallado, como consecuencia de las diferencias entre las variedades de los tubérculos. Sin embargo, se puede estimar que en el primer rallado, se obtiene un efecto del 85%, aproximadamente, pero resulta económico someter la pulpa a una nueva trituración, bien en un segundo rallador o bien en molinos especiales en los que se efectúa el molido de la pulpa por medio de muelas. El rallador secundario eleva el efecto rallante total a más del 90%. (4)

### **Tamizado**

Para separar la pulpa de la fécula libre, es preciso añadir agua en abundancia a la pasta que se obtiene en el rallador, y remover vigorosamente la lechada resultante antes de proceder a tamizarla. La mezcla con agua puede hacerse más o menos independientemente del tamizado, pero lo más corriente es que las dos operaciones se combinen en un "tamizado húmedo", es decir, que la masa se aclare con abundante agua en un tamiz que esté en movimiento continuo. (4)

### **Sedimentación y Purificación del almidón**

El término "sedimentación" incluye todas las operaciones que tienen por objeto separar la fécula pura de las materias solubles que la acompañan. La ejecución de estas operaciones comprende: la sedimentación repetida en tanques o piletas, la ejecución de esta operación en depósitos de sedimentación y la acción de los separadores modernos. Cada uno de estos métodos puede practicarse por separado o en diversas combinaciones, y todos dan por resultado una suspensión más o menos concentrada de fécula en agua pura (4).

Hasta la Segunda Guerra Mundial, los métodos de sedimentación empleados en las grandes fábricas de almidón de yuca se limitaban generalmente a seguir algunas de las formas de sedimentación en mesas y en piletas. Hasta entonces no parece haber sido muy aplicada a la yuca la separación por centrifugación, aunque ya la practicaban las industrias que usaban la patata y el maíz como materia prima para obtener fécula. Desde la guerra, se han inventado nuevos procedimientos centrífugos mucho más eficaces para la separación y limpieza de la fécula en general (4).

### **Secado**

La separación del agua libre del sedimento de fécula que se obtiene en las piletas o depósitos de sedimentación o de las papillas concentradas que producen las máquinas separadoras y las purificadoras, se puede realizar parcialmente por medios mecánicos, por ejemplo, la centrifugación. Sin embargo, la desecación definitiva tiene que efectuarse siempre por evaporación, bien al aire libre (secado al sol) o en hornos. En las fábricas modernas se combina siempre la desecación en hornos y la mecánica. (4)

### **Acabado y empaquetado**

El almidón obtenido mediante todos los pasos anteriores, está dispuesto en terrones duros, y como de esta forma es inutilizable en la mayoría de sus aplicaciones, tiene que ser sometido a un proceso de pulverización seguido de un tamizado en seco. Estas últimas operaciones se conocen ordinariamente con el nombre de cernido. (4)

El almidón elaborado debe almacenarse en un lugar seco, preferiblemente con suelo de madera o en artesas, y en donde pueda mezclarse para obtener una partida uniforme. Antes del almacenamiento, el almidón se tamiza para obtener partículas uniformes exentas de grumos. El envasado se hace normalmente en sacos de yute, aunque cada vez se van haciendo de uso más corriente los de papel multicapa. (4)

### **Fuerza motriz**

En las fábricas pequeñas todo el trabajo se hace con máquinas sencillas accionadas a mano, o a lo sumo con una rueda hidráulica como generadora de fuerza motriz, generalmente, estas fábricas no producen más de 200 g diarios de harina cruda sin tamizar. En las fábricas medianas, la instalación de un motor eléctrico o diesel de unos 20 hp eleva la capacidad de producción a unas 5 toneladas diarias como resultado, además de ser más eficaz la operación del rallado. También las otras operaciones varían algo de carácter respecto a los procedimientos seguidos en las fábricas pequeñas, pero continúan siendo iguales fundamentalmente y no se precisa en gran medida de mano de obra capacitada. La fuerza motriz mencionada basta para accionar un rallador mecánico, pero cuando la fábrica cuenta con una instalación de tamizado cuyo funcionamiento se alterna con el del rallador, hace falta disponer de un generador de energía más potente, por lo menos de 25 hp. Por lo tanto, en las fábricas pequeñas y medianas, las únicas operaciones que requieren una cantidad considerable de energía son el rallado de las raíces, y, cuando existe una instalación de tamizado, la trituración del almidón crudo seco. En los niveles más bajos de preparación, la elaboración puede hacerse totalmente a mano, pero las fábricas rurales más grandes recurren al agua corriente

como principal fuente de fuerza motriz (4).

Para accionar una ralladora, y eventualmente un tamiz giratorio, basta una rueda hidráulica de aproximadamente 1 m de diámetro, construida con madera dura, que gire alrededor de un eje de hierro. La fábrica se emplaza preferiblemente cerca de un río o riachuelo. En un punto situado aguas arriba, se hace una toma de agua, haciendo correr ésta por un canal de dimensiones apropiadas. El volumen de agua que pasa por el canal se regula mediante compuertas antes de llegar a la rueda hidráulica (4).

Cuando se comienza con capital suficiente, se pueden vencer los obstáculos y conseguir inmediatamente una producción diaria de unas 30 ó 40 toneladas, por lo que la energía consumida por la ralladora, el tamiz giratorio, los desintegradores y otros elementos accesorios, tales como bombas, etc., es tal, que resulta más ventajoso utilizar un motor diesel o un motor eléctrico para obtener la energía necesaria. En fábricas modernas, situadas cerca de las ciudades. La energía se suele comprar de la fábrica principal de energía de la ciudad, corrientemente a precios reducidos para usos industriales. En la fábrica, se recomienda que haya un generador pequeño de reserva para uso en el caso de que falle la energía. (4)

## Agua

Además de su empleo como generadora de fuerza motriz, para la elaboración de almidón de malanga tiene enorme importancia disponer de agua pura abundante. Durante casi todo el proceso de elaboración, los gránulos de fécula están en contacto con el agua, que además de los elementos solubles de las raíces, contiene todas las sustancias procedentes del agua que se añade en el cernido de la pulpa húmeda y en la sedimentación. Los efectos perjudiciales de las materias

crudas que contenga en suspensión el agua empleada (turbiedad originada por la arcilla, etc.) son evidentes. Pero aparte de eso, la fécula en su estado natural actúa como un absorbente bastante activo de electrolitos y materias coloidales en solución. Como resultado de ello, los iones que contenga el agua, aun cuando sólo se encuentran presentes en pequeñas concentraciones, tienden a acumularse en los gránulos, influyendo así en el aspecto exterior y en las propiedades fisico-químicas de la fécula obtenida (4).

### III. JUSTIFICACION

El almidón es un compuesto químico que tiene muchas aplicaciones en la industria en general, por ejemplo en las industrias farmacéutica, papelera, y alimenticia.

En la actualidad algunas empresas que lo utilizan como materia prima lo tienen que importar, aunque también se produce localmente a partir de maíz o maicillo, los cuales son productos agrícolas de consumo directo de la población, por lo que es necesario proveer fuentes alternativas para obtenerlo. Además, debido a que los precios de estos granos fluctúa bastante en el mercado, este negocio no puede mantenerse constante todo el tiempo. La yuca también se utiliza como fuente de almidón, pero debido a que la mayoría de los alimentos están formulados en base a las propiedades de la fécula de maíz, este almidón no ha tenido un gran impacto en dicha industria. Sin embargo, sí se utiliza en las otras industrias aunque no con la misma demanda con que se usa el de maíz.

La malanga es un tubérculo parecido a la yuca, cuyo contenido de almidón es lo suficientemente alto como para utilizarse como fuente del mismo. Además, su cultivo es fácil y crece en suelos tropicales. En Guatemala se cultiva a muy baja escala, ya que el único fin que tiene es el consumo doméstico, pero debido a que los requerimientos de cultivo de esta planta se ven favorecidos en el país, se podría producir con fines industriales, lo cual significaría una apertura de fuentes de trabajo, a la vez que sería una forma de aprovechar extensiones de tierra ociosa, y de fomentar el desarrollo agro-industrial rural.

## IV. OBJETIVOS

### Generales

1. Realizar un estudio de mercado, técnico y económico, para establecer la factibilidad de producir industrialmente y comercialmente el almidón que se extrae de la raíz de malanga (*Colocabais esculenta*).
2. Proponer una fuente alternativa para producir almidón, sin utilizar ni maíz ni trigo.

### Específicos

1. Determinar el tamaño y la ubicación de la planta productora de almidón, extraído de la raíz de malanga, basándose en la producción actual de dicho vegetal en Guatemala, para tomar en cuenta una posible producción futura, de acuerdo a las condiciones climáticas y el potencial de los suelos del país.
2. Establecer los costos de instalación, operación y producción de la planta, para que con base en ellos se pueda proponer un costo de venta del almidón que se produzca.
3. Proponer la participación que podría tener el almidón de malanga, en el mercado guatemalteco, con base en la caracterización fisico-química de éste, realizada en 1994 por la Ingeniero Lorena López.

## V. PROBLEMA A RESOLVER

En Guatemala, tanto el consumo de maíz y maicillo, como sus usos en la industria, para fines alimenticios, se ven alterados y disminuidos por el uso que se le da a estos granos en la agroindustria para la producción de almidón. Sin embargo, las condiciones del suelo guatemalteco favorecen significativamente la producción de raíz de malanga, cuyo contenido de almidón es lo suficientemente alto como para que este tubérculo sea una alternativa en la obtención del mismo. Hasta ahora, la raíz de malanga no se ha cultivado ni utilizado para fines comerciales, sino únicamente ha servido para consumo doméstico.

## **VI. METODOLOGIA**

### **I. Estudio de mercado**

El objetivo del estudio del mercado en un proyecto consiste en estimar la cuantía de los bienes o servicios provenientes de una nueva unidad de producción que la comunidad estaría dispuesta a adquirir a determinados precios.

### **II. Estudio técnico**

El objetivo del estudio técnico consiste en analizar y seleccionar las opciones tecnológicas disponibles, a la vez que se define el proceso y se considera la obra civil necesaria para el proyecto.

### **III. Estudio económico**

El objetivo del estudio económico consiste en cuantificar la rentabilidad económica del proyecto, con tal de establecer si realmente es factible o no realizarlo, al evaluar las inversiones, los costos, los ingresos y tener siempre presente el valor del dinero con el tiempo.

## VII. ESTUDIO DE MERCADO

### A. Definición de producto

El almidón es un polímero que consiste en una cadena de unidades D-glucopiranosil y tiene la fórmula general  $(C_6H_{10}O_5)_n$  donde  $n$  puede ser desde 250 o más de 1000. Lo constituyen dos componentes principales, una forma en cadena ramificada: amilopectina (75 a 80 %), y una forma lineal: amilosa. El almidón es una de las sustancias más comunes que se encuentran en la naturaleza y es el constituyente básico principal de una dieta normal. Sus aplicaciones industriales son muchas y se emplea en más de 300 industrias modernas.

El almidón de malanga que se ofrece, es un polvo blanco con las siguientes características:

- Pureza:	77.35 %
- Proteína:	3.59 %
- Ceniza:	6.06 %
- Humedad:	13.00 %
- Absorción de agua:	1.48 ml/gr
- Material soluble en agua:	0.959 gr/gr de almidón
- Absorción de grasa:	1.48 gr aceite/ gr de almidón
- Formación de espuma:	5.0 ml
- Viscosidad:	20°C: 1.13 cstokes
	40°C: 0.94 "
	75°C: 0.72 "
	94°C: 1.15 "

En la actualidad, el almidón se utiliza principalmente en la industria textilera de papel, adhesivos, insecticidas, pinturas, jabones, farmacéutica y de alimentos. Consecuentemente, debido a que estas industrias están distribuidas en varios lugares del país, y además se considera que el almidón es un producto que se incluye en la dieta alimenticia normal, el área de estudio se define en toda la república de Guatemala.

### **B. Precios y costos actuales**

El precio actual del almidón de maíz, que es el que se toma de referencia para el presente estudio, de grado industrial es de \$ 12.92 el kilogramo. El costo de la fécula de grado alimenticio es de \$3.33/Kg y su precio en el mercado es de \$25/kg. Evidentemente, este costo depende directamente del costo del maíz, el cual no es comparable con el precio de la malanga; por lo tanto, en cuestiones de precios se toma como referencia el almidón de yuca, que por ser un tubérculo muy parecido a la malanga, da resultados más reales.

### **C. Fuentes de abastecimiento**

En la actualidad, en Guatemala no se produce almidón de maíz sino que se importa de los siguientes países:

- México,
- Estados Unidos, e
- Italia.

## VIII. CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LA PLANTA

### A. CAPACIDAD

La cantidad de almidón de maíz que se importa está en rango de 3900000 Kg a 5400000 Kg al año. Al analizar el mercado que tiene este producto en el país y tomando en cuenta que en su totalidad es importado, el tamaño de este proyecto debe tener la capacidad para cubrir toda la demanda existente. Sin embargo, al analizar gráficamente el comportamiento de las importaciones del almidón, que muestra que cada dos años las importaciones alcanzan un máximo, que ofrece una baja intermedia de aproximadamente el 15 ó 20 % del pico alcanzado el año anterior al atender al Profit Impact of Marketing Strategy (PIMS) Group, que después de examinar cientos y cientos de empresas y negocios han encontrado una correlación abrumadora, según la cual tanto como el 80 por ciento de la rentabilidad relativa puede ser explicada en términos de una regla gruesa, que tiende a verse confirmada por los hallazgos del PIMS, según la cual, para un negocio es difícil ser consistentemente rentable, si no comparte, al menos, el 10 por ciento del mercado, y además, al considerar que mientras el producto nacional no esté bien difundido, siempre habrá un porcentaje de la población que consuma el almidón importado. Esto significa la existencia de competidores, la capacidad de la planta se establece como la que corresponde al promedio de las importaciones de los últimos 7 años, sin tomar en cuenta las de 1993 debido a que por el cambio de sistema de clasificación de datos en la fuente consultada para este trabajo, estas cifras no aparecen. En cifras, este promedio corresponde a una cantidad de 4300000 Kg de almidón al año, lo cual significa que se deben producir 4300 toneladas anuales, o 358 toneladas mensuales.

Al tomar un promedio de la literatura, se sabe que el contenido de almidón en

la malanga es de 50%, por lo que se necesitarían aproximadamente 32 Ton de malanga diaria. Si en la planta se trabajan 22 días al mes, en una jornada de 8 horas, las cantidades anteriores se pueden producir fácilmente, y se podría disponer de 20 horas mensuales para mantenimiento, las cuales corresponden a una media jornada de 5 horas el día sábado.

## **B. LOCALIZACION**

La localización específica de la planta se determina por la evaluación detallada de todos los factores que tengan una influencia significativa en el proyecto. Para la elaboración de almidón de malanga, estos factores son los siguientes:

- Materia Prima
- Clima
- Fuerza y combustible
- Transporte

La materia prima del proceso es la raíz de malanga.

En el mapa adjunto se encuentran señalizados los lugares donde se han reportado cultivos significativos de este tubérculo. Como era de esperar, la mayoría de estos lugares se localizan en el Nor-Oriente del país, en donde el clima húmedo y tropical de los suelos, favorece el cultivo. El contenido de almidón en la malanga depende tanto de la localidad como de la variedad de tubérculo de que se trate, por lo que teniendo un clima propicio para el cultivo, las condiciones se pueden controlar de tal forma que permitan cultivar malanga con un buen porcentaje de almidón en su composición.

El transporte, evidentemente es un factor de mucho peso, ya que a pesar de tener un alto costo, es bastante necesario. Cuando la fuente de materia prima no está cerca de la planta, se hace necesario contar con un buen transporte, además que es importante para la distribución del producto terminado en el mercado. Las fuentes de energía, fuerza y combustible son esenciales debido a la maquinaria con que se trabaja, y a los servicios que se necesitan a lo largo del proceso.

Se evaluaron cuatro lugares escogidos atendiendo principalmente a los cuatro factores citados con anterioridad.

Planta No. 1: En la Unión, Zacapa, con carretera transitable en todo tiempo (2 vías) a 8 Km. de carretera pavimentada de 2 vías y 7 Km. de la vía principal del ferrocarril. Tiene a 9 Km. el paso del río Motagua.

Planta No. 2: En Pto. Barrios, un puerto marítimo, a donde llega carretera pavimentada (2 vías), la vía principal del tren y hay aeropuerto local.

Planta No. 3: En las Cruces, La Libertad, Petén, a 5 Km. de una carretera transitable en todo tiempo (2 vías) a 3 Km. del Río La Pasión.

Planta No. 4: En San Pedro Cadenas, con carretera transitable en todo tiempo (2 vías), a 4 Km. del Río Sarstún.

Después de hacer una evaluación, por el método de punteos, de estos cuatro lugares se determinó que el lugar más adecuado para ubicar la planta es Puerto

## Barrios.

La malanga que se encuentra en este lugar no es exactamente la que tiene mayor porcentaje de almidón en su composición, pero debido a las características climáticas del lugar, esto podría mejorar con cultivos controlados, asignando un agrónomo para ayudar en el desarrollo de mejores prácticas de fabricación y realizar experimentos de control para la determinación de la adecuada variedad, fertilizantes y control de plagas e insectos en la zona.

Como se expuso anteriormente, la malanga no se ha cultivado en grandes proporciones hasta ahora, debido a que no se le ha dado participación en la industria, sin embargo, la disponibilidad de materia prima en este lugar es alta toda vez que se explote la potencialidad de los suelos, se aprovechen las fuentes de agua y se cuente con mano de obra calificada, los cuales son requisitos que en Pto. Barrios se cumplen con ventaja sobre los otros lugares.

En cuanto a disponibilidad de transporte, fuerza y combustible, Pto. Barrios es la mejor debido a las características citadas en la descripción del lugar.

Como puede verse en los punteos acumulados, los de Zacapa y Pto. Barrios están muy cercanos, pero se escoge el último ya que aventaja al primero en disponibilidad de agua, vías de acceso, clima más favorable para el fin que se persigue, y algunos factores de comunidad, ya que Zacapa ha sido área de conflicto. Sin embargo, si a la hora de echar a andar el proyecto se tiene algún problema en cuanto a la ubicación de la planta, se puede pensar en Zacapa como una muy buena alternativa.

**TABLA 8.1**  
**LOCALIZACION DE LA PLANTA**  
**METODO DE PUNTEOS**

<b>RITERIO</b>	<b>PUNTEO</b>	<b>PLANTA 1</b>	<b>PLANTA 2</b>	<b>PLANTA3</b>	<b>PLANTA 4</b>
<b>MATERIA PRIMA</b>	150				
Disponibilidad	80	75	75	65	65
Costo mat. auxiliares	20	20	20	15	10
Distancia	50	50	50	50	50
<b>LIMA</b>	100				
Construc. e inversiones	25	25	17	7	7
Humedad y temperatura	50	40	45	35	35
Huracanes, terremotos	25	10	13	15	15
<b>ENERGIA Y COMBUSTIBLE</b>	205				
Energía	120	90	110	87	87
Electricidad	60	60	60	55	55
Combustible	25	25	25	15	15
<b>TRANSPORTE, DISPONIB. Y PRECIO</b>	100				
Ferrocarril	25	22	25	0	0
Carretera	50	50	50	32	32
Energía	15	0	0	0	0
Costo de aire	25	3	3	7	2
<b>AÑO DE OBRA</b>	100				
Calificada	40	35	35	30	30
Relaciones laborales	30	25	25	20	20
Estabilidad de salarios	30	30	30	25	25
<b>MERCADOS</b>	80				
Costo manda vrs. distancia	30	25	20	10	15
Incremento o decrecimiento	25	20	25	10	15
Regulación de inventarios	5	5	5	3	3
Competencia actual y futura	20	20	20	20	20
<b>DISPONIBILIDAD DE DESECHOS</b>	50				
Costos de tratamiento	25	20	20	15	15
Impuestos estatales	5	2	1	5	5
Temas físicos existentes	20	10	10	0	0
<b>IMPUESTOS DE REGULACION</b>	50				
Impuestos de construcción	10	5	5	10	10
Regulaciones zonales	10	5	5	10	10
Restricciones de vías	20	10	10	20	20
Impuestos de contaminación ambiental	10	5	5	10	10
<b>PUESTOS</b>	25				
Impuestos estatales y estatales	10	5	5	5	5
Deficiencias fiscales	15	7	7	7	7
<b>CARACTERISTICAS LOCALES</b>	20	17	17	13	10
<b>FACTORES DE COMUNIDAD</b>	20	17	17	13	10
<b>VULNERABILIDAD A LA GUERRA</b>	50				
Distancia a centros	35	20	25	10	15
Concentración industrial	15	15	15	5	5
<b>CONTROL DE PERCANCES</b>	50				
Costo	25	22	23	13	13
Deficiencias	25	25	13	17	20
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>	<b>815</b>	<b>831</b>	<b>654</b>	<b>656</b>



## IX. ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS

### A. Rallado

#### 1. Rallado a mano

Para efectuar el rallado de las raíces a mano se utilizan esteras de bambú. Donde la producción diaria asciende a algunos centenares de kilogramos de harina, se emplean instrumentos mecánicos sencillos.

Se obtiene un rallador sencillo, pero eficaz, perforando con un clavo una plancha de hierro galvanizado y fijando ésta sobre una rueda, de modo que los bordes salientes y aguzados de los agujeros quedan hacia la parte exterior. La rueda puede ser accionada a mano también, como sucede a menudo, con los pies, como si fuese una bicicleta.

#### 2. Ralladores hidráulicos

Los ralladores hidráulicos son de mayor tamaño y pueden ser empleados cuando se dispone de agua corriente. El movimiento de la rueda hidráulica se transmite por medio de un volante y de correas de transmisión a una polea montada en el eje del tambor rallador. Este último tiene 20 a 30 cm de diámetro y va fijado a una primitiva estructura de madera, o bien se monta en una "mesa ralladora". El operario, que se sienta a la mesa, presiona las raíces contra el tambor. La masa rallada pasa por una estrecha abertura existente entre el tambor y la plataforma, antes de caer al depósito receptor, desde el que se lleva a los tamices.

#### 3. Ralladores mecánicos

Cuando la capacidad de elaboración excede de un cierto límite - por ejemplo, el tratamiento de 10 toneladas diarias de raíces frescas - es más económico recurrir a los ralladores mecánicos. El modelo corriente es el llamado rallador Jahn. La máquina lleva un rotor de madera dura o de tubo de acero estirado, de unos 50 cm

de diámetro, y una serie de estrillas longitudinales en las que van las cuchillas o sierras ralladoras. El número de dientes de estas hojas varía de 10 a 12 por cm, según las necesidades, y se colocan en el rotor a distancias de 6-7 mm.

En los modelos más sencillos, el rotor va montado en un armazón, en forma tal que la superficie ralladora forme parte de la pared posterior del recipiente donde se colocan las raíces. Frente a la superficie ralladora se monta un bloque o tablero cuya posición puede variarse por medio de una palanca que gira sobre un eje cerca del borde superior del compartimiento. Moviendo esta especie de tope, se comprimen las raíces contra la superficie ralladora, que se mueve hacia abajo en la tolva, y la masa está obligada a pasar por una ranura cayendo en la parte inferior de la tolva. Conviene dar a la superficie interior del tope, la forma de un segmento circular, a fin de que se corresponda con la sección del rotor que queda ante él, de modo que, cuando aquél haya alcanzado la posición interior extrema, la distancia entre el rotor y el bloque sea solamente de unos pocos milímetros. Sin embargo, esta precisión, por lo general sólo se consigue con los ralladores hechos completamente de acero que se describen más adelante.

En un rallador de la forma empleada en las grandes fábricas, el armazón va provisto de unas planchas ajustables con bordes de acero afilados que permiten graduar la finura del rallado. Las máquinas más modernas llevan dispositivos que devuelven a la superficie de la ralladora los trozos de raíz que han escapado por los lados. La pulpa tiene que pasar por una criba con ranuras o agujeros de bordes afilados, a través de la cual se homogeneiza en un cierto grado, y en la que se verifica, en la práctica, una segunda trituración.

Debido a que el volumen de raíces que se van a manejar diariamente es elevado (mayor a 10 Ton), se eligen ralladores Jahn para realizar esta operación, y se utilizan 2 para asegurar un aumento en el efecto rallador.

## **B. Tamizado**

### **1. Tamizado a mano**

En los molinos más pequeños el tamizado se hace a mano. Para ello, se pone una cantidad de masa rallada en una tela sujeta a cuatro estacas y que cuelga como un saco encima de un canal de desagüe que conduce directamente a las piletas de sedimentación. Por una tubería instalada encima del saco, se hace llegar a éste, agua de manantial o de río purificada y se agita la pulpa enérgicamente con ambas manos. A veces se usa un cesto de bambú para sujetar la tela durante el tamizado.

### **2. Tamiz giratorio**

En su forma más sencilla, se compone éste de un tambor cónico de madera dura que se fija a un eje hueco horizontal de 3 m de longitud por lo menos, y que se cubre con una tela corriente. Se introduce la pulpa cruda en el cono por el extremo más angosto, y, por efecto de la rotación del tamiz, que gira a unas 50 revoluciones por minuto y que tiene un eje hueco con varios orificios para rociar agua, desciende lentamente al otro extremo, de donde pasa a los depósitos de pulpa (5).

### **3. El tamiz sacudidor**

En las grandes fábricas se emplean tamices con movimiento sacudidor en vez de giratorio. Consisten en un armazón horizontal, ligeramente inclinado, de 4 m de longitud y cubierto de gasa, accionado por medio de un biela de excéntrica que le da un movimiento de rectilíneo alternativo de pequeña carrera. Después de mezclarla con agua en las piletas de distribución, la pulpa fresca se conduce por tubos al extremo superior del tamiz; durante el cernido, la pulpa depositada en la parte alta es obligada a descender lentamente a lo largo del tamiz por virtud del movimiento sacudidor (5).

#### 4. Los extractores de chorro

Un equipo eficaz para la separación del almidón de la fibra celulósica es el extractor de chorro, o la centrifuga de cesta perforada continua. La papilla de pulpa de almidón se introduce en una cesta cónica y la acción centrifuga separa la dispersión de almidón de la fibrosa. Chorros de agua pulverizados sobre la pulpa, a medida que circula a lo largo del cono, aseguran la recuperación completa del almidón.

#### 5. El tamiz DSM Dorr-Oliver

Otro tipo de equipo moderno empleado en la industria del almidón para la separación completa y lavado de la fibra es el tamiz inclinado DSM Dorr-Oliver, que consta de un armazón de tamiz fijo provisto de un tamiz de tipo barra en cuña cóncavo. La suspensión que se quiere tamizar se carga tangencialmente, bien sea por gravedad o bajo presión en la placa tamizadora, y fluye en una dirección perpendicular a las barras. Cada barra de la superficie del tamiz corta una capa de líquido de un espesor aproximado de 1/4 de la anchura de la ranura. En la industria del almidón se emplean diferentes tipos de tamices, con una anchura de ranura que va desde 50 micras hasta 3 mm. Después del rallado, la papilla de pulpa de almidón desciende por el tamiz DSM por la acción de la gravedad y se separan la pulpa y el almidón. Se hacen funcionar en serie hasta cuatro tamices, con el fin de asegurar que la dispersión de almidón se separe completamente de la pulpa. La pulpa procedente de un tamiz se descarga en una cubeta, se dispersa de nuevo con agua de dilución, y se bombea al tamiz siguiente. Se eligen tamices DSM para el proceso, ya que además de tener una alta capacidad, por el lavado a contracorriente que realizan, asegura la eliminación de la fibra que se separó en el rallado.

## C. PURIFICACION

### 1. Sedimentación en piletas

Este es el método primitivo y, desde luego, puede decirse que las piletas constituyen el sistema corriente para la producción en pequeña escala en los pequeños rurales. En los más pequeños, bastan a este fin barriles o artesas de madera, pero, tan pronto como la producción alcanza unos cuantos centenares de kilogramos de almidón al día, se acostumbra construir piletas de ladrillo revestidas de cemento, empotradas en el suelo.

### 2. Los canalizos o "mesas de sedimentación"

Consisten en un canal poco profundo de unos 50 m de longitud, 30 cm de profundidad y de anchura variable. El fondo está revestido de madera o baldosa; en principio, es horizontal, aunque en ocasiones se le da una pequeña inclinación, como, por ejemplo, de 1 cm por m. La lechada de harina entra por un extremo de la mesa, a ser posible desde un compartimiento que forma parte de la misma, el cual tiene aproximadamente 0.5 m de longitud y está separado de ella por un pequeño muro e unos 20 cm de altura, con lo que se consigue que la lechada caiga desbordándose uniformemente por toda la anchura de la mesa (5).

El líquido excedente que se hace salir por el extremo de la mesa debe estar libre de fécula y es así desechado. Cuando se efectúa la sedimentación en una de estas mesas, los gránulos de fécula que, en el caso de las piletas, descienden verticalmente, siguen aquí una trayectoria oblicua, a causa del movimiento horizontal de la lechada. Cuanto más tiempo tarde una partícula en llegar al fondo desde su lugar en la suspensión, tanto más alejada estará su posición en el sedimento respecto del origen de la mesa (5).

### 3. Laminadores

En la construcción de los llamados laminadores, se trata también de reducir la distancia que han de recorrer los gránulos de fécula antes de sedimentarse, como se consigue mediante el uso de las mesas de sedimentación. En la parte superior de unos depósitos cónicos, se fijan radialmente unas placas oblicuas (láminas) de vidrio o de metal, y en la parte inferior, se instala un agitador y una espita. La lechada entra por el centro de la parte superior, de donde fluye radialmente y con lentitud por los espacios entre las láminas y el borde exterior del cono. El trayecto de sedimentación libre de los gránulos de fécula está limitado en este caso a la distancia vertical entre dos placas adyacentes, que es tan sólo de unos pocos centímetros, después de lo cual desciende más rápidamente en la superficie de las placas hasta llegar a la parte inferior del cono (5).

#### **4. Métodos centrífugos**

Mediante la centrifugación, se consigue una rápida separación de los granos de fécula del líquido de la lechada y la eliminación de las impurezas en suspensión coloidal, con la consiguiente mejora de la calidad del producto acabado. Sin embargo, la centrifugación por sí sola no puede sustituir por completo a la sedimentación por la acción de la gravedad. Después de la centrifugación, hay que separar todavía de la fécula las impurezas sólidas que queden, mediante la sedimentación en piletas o mesas.

Uno de los separadores centrífugos que más se emplean en la actualidad consiste fundamentalmente en un cilindro o tambor horizontal sin perforar, con un raspador en espiral para retirar la fécula. El tambor gira en un marco provisto de cojinetes en ambos lados.

Mediante una caja de velocidades, el tambor y el raspador se mueven a velocidades diferentes, accionados ambos por un motor acoplado directamente. La

lechada entra en el tambor, que es ligeramente cónico, cerca de su parte estrecha y pasa al otro extremo de éste, donde está colocada la boca de descarga del líquido excedente. Durante su paso por el tambor, la lechada deja en libertad a los gránulos de fécula y otras materias sólidas, los cuales se concentran en la periferia. La materia concentrada es recogida aquí por el raspador y transportada contracorriente hasta el extremo estrecho, por donde se descarga añadiéndole agua limpia. El almidón de máxima pureza se obtiene empleando abundantes cantidades de agua blanda. El agua dura (con mucha cal) deja, como es sabido, oxalato cálcico en el producto terminado (5).

Las máquinas conocidas como concentradores, han perfeccionado hasta cierto punto el principio de la sustitución rápida del líquido de la suspensión por agua fresca. Un tipo corriente de concentrador, se constituye por un tambor separador de paredes dobles que gira sobre un huso hueco. La papilla de harina se mete por la entrada en el tambor interior y la fuerza centrífuga la despide contra la pared interna de aquél, en la que hay varias boquillas de diseño especial. Al mismo tiempo, una bomba centrífuga envía agua por el huso hueco a la cámara hidráulica, situada entre las paredes interior y exterior del recipiente. En la pared exterior hay unas boquillas análogas a las de la interior y situadas frente a ellas. El agua limpia de la cámara hidráulica pasa por las boquillas de la parte interior, lavando perfectamente la fécula que sale por esas aberturas, y el líquido residual diluido sale de la máquina después de pasar por una serie de discos separadores y por un dispositivo que evita que se forme demasiada espuma. La fécula, junto con el agua fresca, pasa a presión por las boquillas exteriores, saliendo del aparato por E como una suspensión concentrada en agua muy limpia.

Se completa la acción de los separadores (concentradores) mediante la rápida sedimentación por cargas en las centrifugadoras de tambor, o purificadoras,

en las que la fécula más pura es la primera en depositarse en las paredes del tambor, formando una espesa capa, sobre la que se superponen otras capas de fécula mezclada con fibras finas ("fécula gris"), ocupando el líquido residual la parte más interna (5).

Evidentemente, aunque la sedimentación en depósitos no se puede eliminar, el uso de un concentrador centrífugo es necesario en el proceso, no sólo por el aumento de la eficiencia de la operación, sino por la reducción del tiempo utilizado.

## **D. SECADO**

### **1. Secado al sol**

La masa de harina que queda en las piletas o en las mesas de sedimentación después de decantar el agua, se saca con palas, y, tras desmenuzarla (en ocasiones sirviéndose de esteras toscas o de un tamiz de alambre), se extiende en unos discos planos o bandejas de tejido de cestería, que tienen un diámetro aproximado de 1 m. En cada uno de éstos se pone una cantidad del producto húmedo que corresponda, aproximadamente, a un contenido de 0.5 Kg de fécula seca. Los discos se pueden depositar sobre el suelo, pero es preferible colocarlos sobre bastidores situados a 1 m de altura (figura 19), porque, de esta manera, además de la radiación directa, contribuye al secado el calor que refleja el suelo, y al mismo tiempo, el aire puede circular por ambos lados de la capa de harina.

### **2. Secado en hornos**

El tipo de horno más sencillo está constituido por una cámara de combustión de ladrillo, recubierta con planchas de hierro galvanizado o de cobre, sobre las que se coloca la harina húmeda en capa delgada. El fuego debe ser moderado para que la temperatura de las chapas se mantenga bastante por debajo del punto de

gelatinización de la fécula, y la harina debe ser removida a menudo. El espacio por encima del horno ha de estar muy ventilado.

### **3. Secador de cámara**

El secador de cámara está formado por una serie de compartimientos adyacentes separados por paredes aislantes al calor, cada uno de los cuales lleva dispositivos de calentamiento, ventilación y registro. El material húmedo se coloca en bandejas que se introducen directamente en la cámara secadora o se cargan sobre un carrillo que se hace entrar al secador. La operación puede hacerse más económica en este tipo de secador mediante un sistema de circulación de aire. En un secadero modelo, la corriente de aire producida por el ventilador se caldea por medio del dispositivo de calentamiento y pasa por el material que se va a secar, cediendo su calor a la vez que absorbe el vapor de agua de la harina húmeda.

### **4. Secador de tambor**

Probablemente, el tipo más sencillo de instalación para secar harina continuamente, es un tambor giratorio horizontal, o inclinado, que se calienta desde el exterior y por uno de cuyos extremos entra la harina húmeda. Durante su movimiento dentro del cilindro, que puede conseguirse por diversos procedimientos mecánicos, el producto cede su humedad a una corriente de aire seco (figura 22). En la aplicación directa del fuego o del vapor, es preciso tomar las precauciones acostumbradas contra el calentamiento excesivo.

### **5. Secadores de banda**

Un modelo eficaz de secador continuo, que a la gran capacidad productora une la sencillez de su construcción y que no requiere la supervisión de obreros especializados, lo constituyen los secadores de banda. En este aparato, la fécula se transporta en medio de una corriente de aire cálido, a lo largo de una serie de

bandas sinfín montadas unas sobre otras. Se echa la fécula húmeda en la banda más alta y sobre ésta se recorre toda la longitud de la máquina. Al llegar al extremo, cae a la que está debajo, que se mueve en dirección contraria, y así sucesivamente. Al caer de una banda a otra, la fécula se voltea y ventila. Entre las bandas se instalan calentadores, por ejemplo tubos de vapor, con los que se obtiene una rápida evaporación; el vapor de agua se suprime por la corriente de aire ascendente.

## **6. Secadores de túnel**

La fabricación de un producto uniforme con un contenido de humedad definido está más asegurada con los secadores de túnel modernos, mediante los cuales la fécula húmeda pasa, en una correa o banda sinfín, por un túnel dividido en compartimientos que forman secciones de desecación y, por medio de dispositivos reguladores de funcionamiento automático, se mantiene el aire de circulación en cada una de las secciones a una temperatura y contenido de humedad determinados. Mediante el vacío, se extrae la harina de la lechada concentrada, pasándola a un tamiz giratorio de tela provisto de un dispositivo que divide la masa a lo largo y la fracciona en tiras. La masa de fécula, que contiene un 40% de agua cuando está húmeda, cae directamente en pequeñas tiras sueltas al fondo móvil del secador, en el que encuentra condiciones de deshidratación que varían gradualmente. La harina sale por el otro extremo del túnel con un contenido de humedad de 17%, más o menos, en forma de aglomerado muy suelto, que se desmenuza y cierne fácilmente.

## **7. Secadores neumáticos**

Otro tipo eficiente de secador es el secador rápido neumático o "flash". La torta de almidón se conduce desde la centrífuga de cesta por medio de un\*

transportador de hélice a un secador neumático, donde se reduce la proporción de humedad final a 10-13%. El secado se efectúa por medio de aire producido por una serie de quemadores de aceite que trabajan según el principio de combustión atomizada y aire comprimido. Las cantidades necesarias de aire fresco se succionan en el generador de aire caliente a través de un filtro de aire y se calientan hasta unos 150°C. Durante el proceso de desecación, el almidón se conduce neumáticamente desde el fondo hasta la parte superior del secador y luego se desvía hacia abajo. Las partículas de almidón que no están completamente secas se devuelven al dispositivo de secado situado en el fondo, mientras que el almidón seco se separa en el ciclón desde el aire transportado y se conduce, a través de un cierre hermético rotatorio a un tamizador.

Debido a que se trata de un proyecto con una producción elevada, por razones técnicas y económicas, se elige emplear un método de secado por medio del cual, antes de efectuar el secado por evaporación, se deshidrata la papilla por medios mecánicos hasta que se baje la humedad al 35-45%. Esto se ha en una centrifugadora del tipo de cesta, equipada con un tambor perforado. Durante la centrifugación, el agua se elimina a través de un filtro y la fécula se deposita en las paredes del tambor formando una torta cilíndrica muy adherente, que es removida por medio de un colector de sedimento desmontable, o unas aletas divisorias verticales que lleva la placa inferior del colector. en el proceso. Entonces, se usa el secado centrífugo combinado con un segundo secado, lo cual sería una desecación continua por evaporación, con un secador neumático.

## X. DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso de refinación de la malanga emplea una molienda húmeda, la cual usa tubérculos lavados como materia prima. El proceso es como sigue:

La primera operación consiste en limpiar la malanga. Como la presencia de materia leñosa o piedras, puede interferir gravemente en el proceso de rallado por parar o romper las cuchillas, los extremos leñosos de las raíces se cortan con cuchillas bien afiladas antes de pasar a las siguientes operaciones de elaboración. Inmediatamente, los tubérculos se sumergen en una solución de bisulfito de sodio al 2% por 24 horas. Esto ayuda a prevenir la fermentación que produce la acción enzimática y, que podría tener un efecto perjudicial en la calidad del producto final. Además, probablemente favorece la separación de la fécula de las sustancias, a las que está más o menos firmemente ligada en su estado protoplásmico. El bisulfito actúa asimismo como blanqueador del producto, aunque el color blanco que se obtiene de esta manera desaparece pronto. Este compuesto químico reduce la viscosidad del producto, particularmente después de una acción prolongada, pero no produce ningún efecto perjudicial al aplicarlo en la concentración adecuada y hacer los lavados correspondientes.

En las piletas de remojo, el agua se decanta y las raíces se lavan para remover el material mucilaginoso. El lavado se efectúa rociando agua sobre las raíces, con la ayuda de la abrasión de las mismas entre sí y contra las paredes del cilindro o las paletas. Las raíces se cargan de un lado de la lavadora y a medida que salen del otro extremo, se limpian y se pelan parcialmente, siendo la acción continua. El agua sucia y la piel se drenan periódicamente.

Para liberar los gránulos de almidón, es necesario romper todas las paredes celulares, presionando las raíces contra una superficie provista de salientes aguzados y animada de un movimiento rápido que desgarrar las paredes de las células y toda la raíz se convierte en una masa en la que quedan libres la mayor parte, aunque no la totalidad, de los gránulos de almidón. Debido a que la eficacia de esta operación determina en gran parte el rendimiento total de almidón en la manufactura, la pulpa se somete a un segundo proceso de rallado después de tamizarla, el aumento del efecto rallador (porcentaje de almidón liberado) es de hasta un 95%.

Para separar la pulpa de la fécula libre, se realiza un "tamizado húmedo", es decir, que la masa se aclara con abundante agua en un tamiz que está en movimiento continuo. El tamiz se monta lo más próximo posible al rallador y a un nivel más bajo que éste, para facilitar el flujo de la papilla de pulpa de almidón, que desciende por el tamiz, produciéndose la separación de la pulpa y el almidón. La pulpa lavada que sale, se lleva mediante transportadores a depósitos situados fuera de la fábrica, y como casi toda su materia seca está constituida todavía por almidón, este subproducto se puede vender, después de secarlo y pulverizarlo, como un forraje.

La calidad del almidón producido depende en gran medida de la correcta separación de la fécula pura de las materias solubles que la acompañan. Estas operaciones de separación comprenden la sedimentación repetida en tanques y la acción de los separadores modernos, tales como concentradores centrífugos, cuya acción incluye lavado y concentrado del almidón. Cada uno de estos métodos puede practicarse por separado o en diversas combinaciones, y todos dan por

resultado una suspensión más o menos concentrada de fécula en agua pura.

Todo el proceso de elaboración de la malanga tiene que ser ejecutado en el menor tiempo posible. Esta condición se aplica especialmente a la separación de la fécula libre de la suspensión en que se encuentra en el líquido, o parte acuosa de la lechada de fécula cruda, puesto que en esta solución se manifiestan rápidamente procesos de naturaleza química (formación de complejos muy estables constituidos por fécula y proteínas, materias grasas, etc.). En una fase ulterior, dicha parte acuosa de la suspensión, por ser bastante rica en azúcares y otros elementos nutritivos, comienza a producir microorganismos, que dan por resultado finalmente una intensa fermentación. Se producen alcoholes y ácidos orgánicos, entre los que se hace especialmente perceptible el ácido butírico, a causa de su olor.

Por la necesidad de proceder con rapidez, la técnica de la sedimentación se ha perfeccionado racionalmente. De esta forma, la lechada pasa por unos separadores centrifugos, en donde mediante la centrifugación se consigue una rápida separación de los granos de fécula del líquido de la lechada y la eliminación de las impurezas en suspensión coloidal, con la consiguiente mejora de la calidad del producto acabado. Sin embargo, la centrifugación por sí sola no puede sustituir por completo a la sedimentación por la acción de la gravedad. Después de la centrifugación, hay que separar todavía de la fécula las impurezas sólidas que queden, mediante la sedimentación en piletas.

Luego que la fécula se separa de las impurezas que todavía en este punto la acompañan, pasa a la etapa de secado. Por razones económicas y técnicas, conviene emplear un método en virtud del cual antes de efectuar el secado por

evaporación, se deshidrata la papilla concentrada de fécula pura por medios mecánicos, utilizando centrifugación por un tiempo aproximado de 15 min. En este punto, el almidón se compacta por el % de humedad que contiene, formándose terrones que aparentemente están secos, pero que por dentro están húmedos, por lo que es necesario una premolienda, para que se desintegren, y toda la superficie húmeda quede expuesta a la evaporación, sin afectar la calidad del producto final, facilitando y favoreciendo la eficiencia de la siguiente fase de secado. La deshidratación mecánica se realiza en centrifugadoras, y luego la torta de almidón se conduce desde la centrífuga a un secador neumático, donde se reduce la proporción de humedad final a 10-13%.

El almidón elaborado se almacena en un lugar seco, preferiblemente con suelo de madera o en artesas, en donde puede mezclarse para obtener una partida uniforme. Los terrones duros de almidón que se obtienen después del secado, pasan a un mezclador para ser sometidos a un proceso de pulverización seguido de un tamizado en seco, y por último el almidón es alimentado por una hélice de llenado en sacos para almacenarlo.

## **XI. EQUIPO**

A continuación se describe el equipo necesario para una producción de 16 toneladas diarias de almidón, utilizando raíces de malanga como materia prima. Para todo el equipo, excepto en los casos en que se indique específicamente, el material de construcción que se recomienda es acero inoxidable, ya que esto minimiza las posibilidades de complicaciones en cuanto a reacciones indeseadas por parte de la lechada que se maneja y el material de construcción.

### **A. PREPARACION Y EXTRACCION**

#### **1. Transporte de la materia prima, raíces de malanga, a la planta:**

La malanga se transporta hasta la planta por medio de camiones tipo palangana. Cada camión tiene capacidad de transportar 15 ton de raíces, y como se necesita un flujo de 36 ton cada 24 horas, entonces se requiere el uso de 3 camiones diarios.

#### **2. Recepción de las raíces en la planta:**

##### **a. Básculas**

Los camiones pasan por una báscula antes de que las raíces entren a la bodega de materia prima, para reportar el peso exacto de ésta y poder establecer los rendimientos del proceso.

##### **b. Almacenamiento**

Se necesitan 36 ton de malanga al día, que equivale a un espacio de aproximadamente 133 m<sup>3</sup>. Debido a que es fundamental completar todo el proceso en el menor tiempo posible, ya que la acción bacteriana y enzimica puede desarrollarse tan pronto como se han extraído las raíces de la tierra, éstas se reciben del campo lo más pronto posible después de la recolección, y no pueden

almacenarse durante un período de tiempo de más de dos días. Entonces la bodega tendrá capacidad para almacenar lo equivalente a 1.5 días de producción, es decir, 54 ton. de malanga. Por lo tanto, la bodega tendrá las siguientes dimensiones: 15 x 9 x 3 m.

### **3. Transporte de las raíces al remojo**

Se utiliza un tractor tipo palangana que trabaje alrededor de 1hr transportando las raíces de la galera de almacenamiento hasta las piletas de remojo.

### **4. Remojo en Bisulfito de sodio al 2%**

Las raíces se remojan en piletas rectangulares con el fondo longitudinalmente inclinado 35, construidas de concreto con un revestimiento de fibra de vidrio. Tienen válvulas a lo largo para descargar la solución utilizada y una compuerta al final de la rampa para descargar las raíces. Se necesitan 2 piletas que en la parte rectangular tengan las siguientes dimensiones: 5 x 5.5 x 1.5 m, en la construcción rectangular, y el borde de descarga redondeado con un radio de 1m, y la compuerta de salida de 0.68 m de ancho y 0.5 m de alto.

### **5. Transporte de las raíces frescas hasta el lavador**

Se utilizan 2 transportadores de banda de 0.72 m de ancho y 8m de largo, que marchen a una velocidad de 3.6 Km/hr (60 m/min), con motor de engranajes adecuado, de 0.25KW (1/3 hp) de potencia. Los transportadores llevan orillas de 0.75m de alto a lo largo para evitar que las raíces se caigan. De estas fajas, las raíces pasan a otro transportador igual pero inclinado 30° respecto de la horizontal, con una longitud de 9.5m. y deflectores adecuados para el transporte de las raíces.

### **6. Lavado**

Para lavar los tubérculos se usa un tambor rotatorio con motor de engranaje, de 10 hp. El tambor tiene una tubería interior que rocía agua a un flujo de 1110 Lt/hr sobre las raíces; es de madera o metal perforado, de 4 m de longitud y 2 m de diámetro, con aberturas horizontales; está montado dentro de un tanque de hormigón a 0.5m del suelo, y tiene paletas giratorias fijadas a lo largo del eje.

#### **7. Transporte de las raíces hacia la cortadora**

Del tambor de lavado las raíces pasan por una faja de inspección que las transporta a la fase de cortado. La banda es de 0.72m de ancho y 6m de largo, y se mueve a 3.6 Km/hr, con motor de engranaje de 0.25 kW (1/3 hp).

#### **8. Cortado de las raíces**

Se utiliza un molino de cuchillas, con una capacidad para 1500 Kg/hr de raíces. Este triturador tiene un diámetro de 1m para la alimentación y 1m de profundidad; gira a una velocidad de 250 rpm. y utiliza un motor de 20 hp para cortar las raíces lavadas.

#### **9. Transporte de los trozos de raíces al rallador**

Es necesario un transportador de cangilones de acero estampado de 4m de altura, montados en cadenas de eslabones planos, que viajan a una velocidad de 1km/hr, utilizando un motor de engranaje de 2 hp. Los trozos pasan a un alimentador vibratorio eléctrico que coloca las raíces en una banda de 3m de longitud, en donde se controla el peso, y las traslada hasta el rallador.

#### **10. Rallado o Pulpado**

Para liberar los gránulos de almidón, se utilizan 2 ralladores Jahn con motor de 25 hp, de 0.50 m de longitud y 0.50 m de diámetro. Uno con estrías de 8 dientes por centímetro, cada 6 mm, y el otro con estrías de 10 dientes por centímetro, cada

6mm. Ambos giran a una velocidad de 1000 revoluciones por minuto, lo que corresponde a una velocidad lineal de la superficie ralladora de 25 m por segundo. Los ralladores terminan en un tamiz vibratorio inclinado 5°, tallado con tela de nylon, British Standard Mesh No. 85, y que tiene una abertura de 0.178mm.

### **11. Artesa de recuperación de pulpa**

Para recolectar la pulpa de fécula y añadir agua en abundancia a la pasta que sale de los ralladores, y remover vigorosamente la lechada resultante antes de proceder a tamizarla, se utiliza una artesa de concreto con recubrimiento de fibra de vidrio, de 2.5 x 2.5 x 1.5m, y se agrega agua a razón de 0.7 partes de agua por cada parte de almidón, en porcentaje peso/peso, lo cual da un flujo aproximado de 1200Lt/hr. Se utiliza un agitador de acero inoxidable, que gira a 200 rpm y requiere una potencia de 2 hp.

## **B. EXTRACCION DE ALMIDON**

### **1. Transporte de la artesa a los tamices**

Para transportar un flujo de 86 gal/min de lechada de pulpa de fécula, se utiliza una bomba con rotor, cuya eficiencia es de 65 %, y tiene una presión de bombeo de 207 kPa (30 psi), y utiliza un motor de 1 hp fabricado de acero inoxidable.

### **2. Tamizado**

Para la separación del almidón de la fibra celulósica se utiliza una serie de 4 tamices Dorr-Oliver D.S.M. de 60, 100, 200 y 300 mallas.

## **C. PURIFICACION DE ALMIDON**

### **1. Centrifugación**

Se utilizan 3 concentradores centrífugos con capacidad para 400 Kg de

material por hora, que se mueven a una velocidad de 4500 rpm. Reciben agua de lavado en un flujo de 400Lt/hr, y son manejados por un motor eléctrico.

## **2. Transporte de los concentradores hasta los depósitos de sedimentación**

El producto de la centrifugación, en un flujo de 3.65 gal/min (827.8Lt/hr), se traslada con bombas con rotores de acero inoxidable, cuya cabeza total es de 3m, diámetro de succión de 0.038m, diámetro de descarga de 0.0254m, potencia de 0.25hp y eficiencia de 65 %.

## **3. Sedimentación**

Con tal de separar de la fécula las impurezas sólidas que queden después de la centrifugación, se realiza una sedimentación en una pileta o depósito construido de concreto con recubrimiento de fibra de vidrio. El depósito es cilíndrico de 2m de longitud y 1m de diámetro, con agitador de acero inoxidable de 0.7m de largo, que requiere una potencia de 2 hp, y gira a una velocidad de 100 rpm.

## **4. Transporte de la sedimentación al secado**

Para un flujo de 5.92 gal/min, se necesita una bomba centrífuga con cabeza total de 1m, potencia de 0.25 hp de potencia, diámetro de succión de 0.0381m, diámetro la descarga de 0.0254m, y eficiencia de 65%.

# **D. DESHIDRATACION Y SECADO DE ALMIDON**

## **1. Secado**

### **a. Primario**

Se deshidrata la papilla concentrada de fécula pura por medios mecánicos, usando 1 centrifugadora del tipo de cesta equipadas con un tambor perforado revestido de un filtro de gasa, de tela metálica de malla fina.

### **b. Premolienda**

Se utiliza un molino de bolas para desintegrar los terrones que se formen debido al % de humedad del almidón.

### **c. Secundario**

Para secar completamente la torta de almidón se utiliza un secador neumático, con sistema de ventilación, aislamiento, soportes y motores.

## **2. Transporte de los terrones de fécula al mezclador**

Los terrones de fécula deshidratada se trasladan por medio de un transportador de hélice de 6m de longitud con motor de engranaje de 2 hp, y con una hélice de 0.26 m, que se mueve a una velocidad de 25 rpm., hacia una tolva de 1m de diámetro de entrada y 0.25m de salida que tiene una barrera con cuadros de 0.0036 metros cuadrados de área que se encarga de premezclar los terrones de almidón y los rompe.

## **3. Desintegrador de terrones**

Se utiliza un desintegrador batidor que trabaje a una velocidad de 1200 rpm con un cupo para 700Kg/hr de fécula en terrones entre 2 y 6 cm de tamaño, que requiere 15 hp de fuerza motriz, y que hace pasar el material desintegrado por un tamiz rotatorio de 80 mallas/cm. Ambos, el desintegrador y el tamiz, van encerrados en cámaras de madera provistas de ventanillas para la salida de la harina cernida, las cuales pueden cubrirse con una tela gruesa cuando está funcionando el aparato.

## **4. Envasado**

Se realiza el envasado en sacos de 1 quintal, por medio de una hélice de llenado con capacidad para 15 sacos por hora, provisto de un motor de 2hp de potencia.

### **5. Transporte de sacos a bodega de producto terminado**

Los sacos de almidón de malanga se trasladan en una faja de 8m de largo, que necesita una potencia de 0.25 kW, hasta la bodega de producto terminado, en donde hay 2 personas que los estiban.

### **6. Almacenamiento**

Los sacos de almidón se almacenan en una bodega con suelo de madera y de las siguientes dimensiones: 3 x 5 x 5 m.

## **E. OTROS EQUIPOS**

### **1. Caldera empaquetada para suministrar vapor para secar el almidón**

Caldera de 75 Bhp, pirotubular, presión del vapor de 476 kPa (69 psia), presión máxima de operación de 600 kPa, para aceite combustible #

6. Quemador de búnker y sistema de arrestador de llama con ignición de propano.

### **2. Tanque de almacenamiento para aceite combustible**

Un depósito cilíndrico enterrado horizontalmente, con respiradero, y capacidad para 30 metros cúbicos de combustible, construido de acero al carbono de 3/16". De 3m de diámetro y 7m de longitud.

### **3. EQUIPO PARA TALLER DE MANTENIMIENTO Y TALLER DE CONTROL DE CALIDAD**

Para los fines del presente estudio, se considera que no es necesario enumerar o describir detalladamente este equipo, sino solamente conceptualizarlo e incluirlo dentro de los costos.

## F. LISTA DEL EQUIPO CON COSTOS

A continuación se lista el equipo usando, con sus costos:

2 Básculas de plataforma,	Q 28,000.00 c/u	Q 56,000.00
2 Piletas para remojo,	Q 20,000.00 c/u	Q 40,000.00
4 Transportadores de banda,	Q 35,000.00 c/u	Q 140,000.00
1 Tambor rotatorio para el lavado de raíces		Q 86,900.00
1 Molino de cuchillas		Q 54,000.00
1 Transportador de cangilones		Q 15,000.00
1 Alimentador vibratorio eléctrico		Q 13,200.00
2 Ralladores Jahn,	Q 125,000.00 c/u	Q 250,000.00
1 Artesa para recuperación de pulpa		Q 15,000.00
5 Bomba centrífugas,	Q 6,000.00 c/u	Q 30,000.00
1 Serie de 4 tamices DSM		Q 250,000.00
3 Concentradores centrífugos,	Q 133,333.33 c/u	Q 400,000.00
1 Depósito para sedimentación		Q 15,000.00
2 Agitador para depósitos,	Q 3,300.00 c/u	Q 6,600.00
1 Centrífuga de cesta perforada		Q 90,000.00
1 Secador neumático		Q 125,600.00
1 Transportador de hélice		Q 18,500.00
1 Desintegrador batidor		Q 32,000.00
1 Hélice de llenado		Q 65,300.00
1 Caldera empaquetada		Q 200,000.00
1 Tanque para búnker		Q 15,000.00
- Equipo para el bisulfito de sodio		Q 297,600.00
- Equipo para talleres		Q 500,000.00

## XII. TERRENO Y EDIFICIOS

### A. Terreno

Tomando en cuenta la producción diaria que se debe tener para cubrir la demanda existente, y considerando el equipo utilizado, la fábrica se considera como "grande", y es evidente que se debe contar con un suministro adecuado de materia prima, es decir, de raíces de una variedad seleccionada de malanga.

El terreno necesario para el establecimiento de la fábrica es de 1.5 ha, ó 15,000 metros cuadrados, y se necesitan alrededor de 450 ha ó  $4.5 \times 10^6$  metros cuadrados para cultivar los tubérculos de malanga.

TABLA 12.1  
Distribución del terreno de la fábrica

Sección de la fábrica	Area requerida, m2
Edificio para elaboración	10,000
Area para almacenamiento	1,250
Edificio para oficinas	250
Servicios	350
Laboratorios	200
Area de parqueo	800
Edificio para reparaciones	400
Area de carga y descarga	100
Purificación de agua	50
Area verde	1,600
Total	15,000

Debido a que el agua tiene una enorme importancia para la elaboración del almidón, además de ser una alternativa para la generación de fuerza motriz, es necesario abrir dos pozos artesianos, lo cual, debido a la localización que tiene la planta es muy factible y accesible.

## **B. Edificios**

La elaboración del almidón, desde la etapa de remojo de la malanga, hasta el envasado de la fécula se realizará en una galera cerrada por los cuatro lados y techada, con ventilación e iluminación adecuada.

Para almacenamiento se construirán 2 galeras, una cerrada de tres lados para materia prima (750 m<sup>2</sup>) y la otra cerrada por los cuatro lados para producto terminado (500 m<sup>2</sup>); se necesita otra galera que contenga lo siguiente: laboratorios y área de reparaciones, esta galera debe estar techada y cerrada por los cuatro lados, y con puertas amplias para permitir el tráfico de objetos grandes.

Es necesario un edificio para oficinas construido de concreto que puede tener 1 o 2 niveles según las necesidades. Para instalar los servicios para el personal, que incluyen: comedor, vestidores, duchas, servicios sanitarios, se necesita una construcción de concreto con ventilación e iluminación adecuada.

### XIII. MATERIA PRIMA, SERVICIOS AUXILIARES Y PERSONAL

#### A. Cifras operacionales

La fábrica está proyectada para trabajar de modo continuo en tres turnos, durante 24 horas, 300 días al año. A capacidad total es de 16 Toneladas diarias, o 4800 toneladas al año, de almidón de malanga de alta calidad con contenido de humedad de 13%.

#### B. Materia Prima

La única materia prima necesaria en el proceso son las raíces de malanga. A continuación se detallan los materiales necesarios en el proceso:

TABLA 13.1  
MATERIA PRIMA

Materia Prima	Cantidad / año
Raíces de malanga	10,800,000 Kg
Bisulfito de sodio 98%	180,000 Kg
Sacos para empaque	121,920 unidades

#### C. Servicios Auxiliares

1. Agua: se consumen 312,000 metros cúbicos al año. (65 metros cúbicos por tonelada de almidón).
2. Electricidad: se consumen 528,000 kW/h anualmente. (110 kW/h por tonelada de almidón)
3. Aceite Combustible para generación de vapor: se consumen aproximadamente, 320 metros cúbicos al año.
4. Aceite diesel para camiones: se consumen aproximadamente 110 metros cúbicos anualmente.
5. Vapor: se debe disponer de 6,811,200 Kg de vapor al año para el secado del almidón.

## D. Personal

**TABLA 13.2**  
**DESCRIPCION DEL PERSONAL DE LA FABRICA**

Empleado	Salario / año	
<b>Gerencia</b>		
1 Gerente general	Q	91,000.00
1 Sub-Gerente	Q	60,686.00
1 Jefe de los servicios mecánicos	Q	45,500.00
1 Supervisor técnico	Q	45,500.00
4	Q	242,686.00
<b>Mano de obra indirecta</b>		
1 Oficial para suministro de raíces	Q	19,500.00
4 Oficinistas	Q	57,200.00
3 Guardas (mano de obra semi-calificada)	Q	36,000.00
2 Obreros no calificados para el terreno	Q	22,100.00
10	Q	134,800.00
<b>Mano de Obra Directa</b>		
1 Técnico de elaboración	Q	39,000.00
1 Técnico de control de calidad	Q	39,000.00
3 Capataces para turnos de elaboración	Q	58,500.00
2 Capataces de mantenimiento y transporte	Q	21,000.00
21 Obreros especializados para operaciones de elaboración	Q	245,700.00
11 Obreros especializados (conductores, mantenimiento mecánico, eléctrico)	Q	128,700.00
13 Obreros no calificados para elaboración	Q	118,300.00
11 Obreros no calificados para mantenimiento y transporte	Q	85,800.00
63	Q	736,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q</b>	<b>1,113,466.00</b>

## XIV. ESTUDIO ECONOMICO

El siguiente estudio económico se realiza para una fábrica de almidón de malanga de una capacidad de 16 Ton diarias de almidón con 13% de humedad. Este estudio abarca las inversiones necesarias estimadas y capital de explotación para el establecimiento y funcionamiento de la fábrica, así como los gastos de explotación estimados y la rentabilidad esperada del proyecto.

La fábrica se ubica en Pto. Barrios, Izabal, una región tropical, donde se dispone de todas las necesidades básicas industriales, tales como agua, energía, medios de transporte y materias primas.

Se calcula que la inversión total en la fábrica, es de Q5,862,700, y se estima que el capital de explotación es de Q3,621,867, para el funcionamiento de la fábrica durante 4 meses. Se espera que el proyecto dé un beneficio anual de Q2861, 169 que es equivalente a 52.90 % del capital invertido estimado.

La fábrica está dotada de equipo moderno que da el máximo rendimiento en la producción. En el estudio se usa un índice moderado de almidón extraído de malanga de 50 %.

### A. INVERSION TOTAL

Es la suma de todos los costos de inversión que se consideran en el proyecto, los cuales se distribuyen de la siguiente manera: Inversión fija (costos de planta), Inversión diferida, y capital de trabajo. El monto total es de Q 5,862,700.00.

Para tener una idea de los rubros de la inversión y los costos involucrados en este estudio, se tomó como referencia un estudio para una planta de almidón de yuca realizado por la F.A.O. en 1977.

### 1. Inversión fija

Se refiere a los costos de la planta, que para este proyecto son de Q 4,620,000.00, y representan un 78.8% de la inversión total. En este rubro están incluidos: El equipo de elaboración, la Instrumentación, Tuberías, Electricidad (instalada), Terrenos, Edificios, Vehículos. Del equipo de elaboración no solamente se considera su costo, sino también el costo de edificación, la Ingeniería y diseño, y algo como gasto de iniciación. Esto se hace necesario debido a que, en la descripción del equipo, no aparece la inversión para la perforación de dos pozos artesianos, por ejemplo, ni tampoco el costo de materiales eléctricos como: conmutadores, distribuidores de energía, transformadores, etc., ni el costo de líneas exteriores para agua, energía y alcantarillado, pero, realmente, estos gastos sí se incluyen dentro de estos otros costos considerados. Las tuberías dentro de la fábrica incluyen válvulas, accesorios y línea de condensado para caldera. El monto de cada rubro se detalla en la tabla 14.1.

**TABLA 14.1**  
**DESCRIPCION DE LA INVERSION FIJA**

RUBRO	MONTO (Q)
<b>Equipo de elaboración</b>	
- Costo del equipo	Q 2,320,000.00
- Costo de edificación (20% costo equipo)	Q 492,000.00
- Ingeniería y diseño (10% costo equipo)	Q 180,000.00
- Gastos de iniciación	Q 100,000.00
- Instrumentación	Q 183,000.00
- Tuberías (instaladas)	Q 80,000.00
- Electricidad	Q 90,000.00
<b>Edificios</b>	
- Preparación del emplazamiento	Q 30,000.00
- Edificios para elaboración, almacenamiento, oficinas, labs, garaje, taller de reparaciones	Q 500,000.00
- Construcción de chapa de acero corrugado y vallas alrededor de la fábrica	Q 30,000.00
<b>Vehículos</b>	
	Q 225,000.00
<b>Terreno</b>	
	Q 400,000.00
TOTAL	Q 4,620,000.00

## 2. Inversión o gastos diferidos

En estos gastos se incluyen comisiones del contratista, gastos de ingeniería, gastos generales y la puesta en marcha. Ascende a un monto de Q 791,000.00 y representa un 13.5% de inversión total. Esta inversión se detalla en la tabla 14.2.

**TABLA 14.2**  
**DESCRIPCION DE LA INVERSION DIFERIDA**

<b>RUBRO</b>	<b>MONTO (Q)</b>
Ingeniería y supervisión	Q 100,000.00
Contratistas	Q 75,000.00
Gastos generales	Q 116,000.00
Puesta en marcha	Q 500,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q 791,000.00</b>

## 3. Capital de trabajo

Es el capital necesario para manejar la planta, tener la disponibilidad de poder trabajar con algunos clientes a crédito al principio, darse a conocer y penetrar en el mercado. En la tabla 14.3 se describen detalladamente los costos considerados. El capital de trabajo, representa el 7.7% de la inversión total, y asciende a Q 451,700.00.

**TABLA 14.3**  
**DESCRIPCION DEL CAPITAL DE TRABAJO**

<b>RUBRO</b>	<b>MONTO (Q)</b>
Inventario de materia prima	Q 90,000.00
Inventario de producto terminado	Q 150,000.00
Capital para créditos	Q 55,000.00
Efectivo de caja	Q 20,500.00
Combustibles	Q 90,000.00
Mantenimiento de vehículos	Q 56,200.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q 451,700.00</b>

## **B. COSTOS OPERACIONALES Y CAPITAL DE EXPLOTACION**

Son los que se producen cuando la planta empieza a trabajar. Lo más importante son las materias primas y auxiliares, la mano de obra, energía (consumo), pero también es necesario considerar gastos de ventas, promociones, y otros, por lo que, para su estudio, es preferible diferenciarlos en costos de producción y costos de administración y ventas.

### **1. Costos de producción**

Representan el 92.5% de todos los costos operacionales, los cuales incluyen todos aquellos que se relacionan directamente con la fabricación del almidón, tales como materia prima, de empaque, energía, combustible, mano de obra directa y depreciaciones de capital fijo. Esto aparece detalladamente en la tabla 14.4.

### **2. Costos de administración y ventas**

Son todos aquellos costos que no tienen que ver con la producción, pero que son necesarios para que la haya. Estos incluyen la mano de obra indirecta (cuerpo administrativo), prestaciones sociales, gastos generales, gastos de ventas, promociones, comisiones, y otros. Representan el 7.5 % de los costos operacionales y, aparecen descritos en la tabla 4.

Se calcula que el capital de explotación estimado (a cuatro meses de coste de explotación a capacidad total) es de Q 3,621,867.

**TABLA 14.4**  
**COSTOS OPERACIONALES Y CAPITAL DE EXPLOTACION**

COSTO	RUBRO	MONTO (Q)
Producción	Materia prima (raíces de malanga, Q 55.00 / Ton)	5,947,135.00
	Mano de obra directa	736,000.00
	Prestaciones	316,480.00
	Energía	2,097,000.00
	Aceite combustible y diesel	400,000.00
	Material de empaque (sacos de 100 lb, Q 1.00 c/u)	122,000.00
	Suministros de mantenimiento (3% del costo del equipo)	73,800.00
	Depreciación del equipo (10% /año)	250,000.00
	Depreciación de edificios (10% /año)	56,000.00
	Depreciación de vehículos (25 % /año)	56,300.00
Admón. y Ventas	Mano de obra indirecta	377,466.00
	Prestaciones	162,310.00
	Gastos generales	75,000.00
	Gastos de ventas (Q 15.00 / Ton)	72,000.00
	Tasas locales y seguros (1% de inversión de la planta)	54,110.00
	Promociones	70,000.00
	<b>TOTAL</b>	<b>10,865,601.00</b>
Capital de explotación estimado (a 4 meses de coste de explotación a plena capacidad).....		Q 3,621,86.00

### C. INGRESOS

Para evaluar los ingresos que se tengan en el proyecto, se deben analizar los principales factores que influyen en los mismos. Principalmente, se debe considerar que aunque la planta esté diseñada a una capacidad nominal determinada, solamente después de algún tiempo de trabajo se podrá alcanzar el nivel de producción para el que fue programada. Esto constituye la curva de aprendizaje del proyecto, en la cual se establece que éste tendrá un ciclo de vida de 20 años, empezándose a trabajar al 60 % de la capacidad nominal, y sólo después de 7 años de repetición del proceso se alcanza la máxima eficiencia posible del proyecto, la cual es de 95 %. En la tabla 14.6 se presenta la curva de aprendizaje, incluyendo los ingresos durante esos 20 años, durante los cuales se considera que cada 2 años cambiará el precio de venta del almidón, incrementándose en un 0.05 %, lo cual se sugiere con base en un análisis previo de las fluctuaciones que se ha tenido en el precio del almidón en los últimos 6 años.

### D. RENTABILIDAD ESTIMADA DE LA FABRICA

Se aplicó el método de la Tasa Interna de Retorno (TIR) por prueba y error, y se encuentra que para el proyecto es de 45.78%, lo cual significa, por definición que, a esta tasa de interés si se descuentan los flujos de fondos, dan un valor presente neto de cero. A esta tasa de interés la razón de la sumatoria de flujo de fondos descontados con la inversión inicial es uno, en el estudio, esa razón fue de 1.002, que aproximadamente es 1.

Una idea de la rentabilidad económica del proyecto, pero que no toma en consideración el valor del dinero con el tiempo es la razón de la rentabilidad bruta entre la inversión inicial, lo cual para este proyecto es de 38 %. En la tabla 14.5 se

detallan los beneficios estimados para el proyecto.

### E. TIEMPO DE RECUPERACION DEL CAPITAL Y PUNTO DE EQUILIBRIO

Para que un proyecto sea rentable se debe recuperar la inversión que se hace al inicio, lo cual es medible en unidades de tiempo, constituyéndose el tiempo de recuperación de capital o pay-out time (POT), esto debe coincidir con el momento en que se alcanza el punto de equilibrio en el proyecto, es decir, el momento en que no se tienen ni pérdidas ni ganancias. Para el proyecto se calcularon ambos, encontrándose que los resultados coinciden entre sí, ya que se alcanza el punto de equilibrio cuando se ha vendido Q23,000,000.00, lo cual abarca un período de tiempo aproximado de 2 años, y el resultado del POT calculado fue de 2.2 años, lo que reduce los riesgos de la inversión inicial, y hace suponer que el proyecto es económicamente factible.

**TABLA 14.5**  
**BENEFICIOS ESTIMADOS**

<b>Total de ventas estimadas de productos</b>	
Almidón de malanga a Q2838/Ton, (4,800)	Q 13,622,400.00
Desperdicios (merc. local) a Q 210/Ton, (497)	Q 104,370.00
	<b>Q 13,726,770.00</b>
<b>Total costos estimados de operación</b>	<b>- Q 10,861,169.00</b>
	<b>Q 2,861,169.00</b>
<b>Beneficio neto anual estimado</b>	
Beneficio por capital invertido .....	52.90 %
Beneficio por costo operativo .....	26.30 %
Beneficio por capital de trabajo .....	78.90 %
<b>Indices de rentabilidad</b>	
TIR .....	45.78 %
Tiempo de recuperación de capital (POT) .....	2.20 años
Punto de equilibrio .....	Q 23,000,000 /Ton

TABLA 14.6

## CURVA DE APRENDIZAJE

AÑO	EFICIENCIA	PROD. (TON)	INGRESOS (Q)	COSOTOS (Q)	UTILIDAD BRUTA (Q)
1	60%	2,880	8173440	6520320	1653120
2	65%	3,120	9297288	7275590.4	2021697.6
3	70%	3,360	10513087.2	8070308.736	2442778.464
4	75%	3,600	11827223.1	8906162.141	2921060.959
5	80%	3,840	13246489.87	9784903.472	3461586.4
6	85%	4,080	14778115.26	10708353.74	4069761.526
7	90%	4,320	16429786.97	11678404.61	4751382.364
8	95%	4,560	18209680.56	12697021.01	5512659.551
9	95%	4,560	19120164.59	13077931.64	6042232.949
10	95%	4,560	20076172.81	13470269.59	6605903.229
11	95%	4,560	21079981.46	13874377.67	7205603.782
12	95%	4,560	22133980.53	14290609	7843371.524
13	95%	4,560	23240679.55	14719327.27	8521352.281
14	95%	4,560	24402713.53	15160907.09	9241806.44
15	95%	4,560	25622849.21	15615734.31	10007114.9
16	95%	4,560	26903991.67	16084206.33	10819785.34
17	90%	4,320	26762391.71	15694799.23	11067592.48
18	85%	4,080	26539371.78	15267551.92	11271819.86
19	80%	3,840	26227143.88	14800544.45	11426599.43
20	80%	3,840	27538501.07	15244560.78	12293940.29

**TABLA 14.7**  
**TAZA INTERNA DE RETORNO, T.I.R.**

AÑO	FACTOR DE DESCUENTO $i = 0.4578$	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO
0	1	5862700
1	0.68596	1133974.195
2	0.47054	951289.5887
3	0.32278	788480.0326
4	0.22141	646752.1069
5	0.15188	525745.7424
6	0.10418	423987.7558
7	0.07146	339533.7837
8	0.04902	270230.5712
9	0.03363	203200.2941
10	0.02307	152398.1875
11	0.01582	113992.6518
12	0.01086	85179.01475
13	0.00744	63398.86097
14	0.00518	47872.55736
15	0.00354	35425.18675
16	0.00246	26616.67194
17	0.00165	18261.52759
18	0.00113	12737.15644
19	0.00078	8912.747555
20	0.00053	6515.788354
Rescate	0.00053	880000.00

## XV. DISCUSION

(La fábrica bajo estudio, reúne una serie de características que llenan los principales requisitos para ser rentable. La ubicación de ésta asegura que con un buen plan de cultivo, se puede tener disponibilidad de materia prima durante todo el año, ya que la planta de la malanga tiene la gran ventaja que sólo necesita agua para crecer, y éste es un recurso muy abundante y accesible) en Puerto Barrios. La disponibilidad de electricidad no representa un obstáculo, sino al contrario, por las mismas características del lugar se puede contar con un suministro asegurado de fuerza motriz para la planta. Sin embargo, también se podría pensar en ampliar un poco más la inversión con tal de tener una fuente propia de energía, ya que las condiciones son adecuadas. Actualmente, las carreteras que vienen y van hacia ese lugar, están dentro de las principales vías comerciales del país, por lo que esto definitivamente puntea en favor de la ubicación encontrada para la planta, además, muchos de los proyectos de mejoramiento a corto y largo plazo, como el de las vías férreas, por ejemplo, incluyen esta ruta como su objetivo principal, esto sin tomar en cuenta que éste es un lugar que, fácilmente, tiene acceso por mar y tierra, y bajo ciertas condiciones, también por aire. Finalmente, al país le conviene descentralizar un poco la concentración industrial que tiene cerca de la ciudad, ya que esto además de todo, tiene un impacto ambiental y demográfico significativo, por lo que una fábrica grande y con avanzada tecnología, como las del presente proyecto, contribuye con este cometido y beneficia el desarrollo y mejoramiento de mano de obra rural, lo cual contribuye a la calidad de vida de los habitantes, y por supuesto, repercute en el progreso del país.

Sin duda el obstáculo más difícil de vencer es poder contar con suficiente capital, ya que, lógicamente, antes de invertir, deben analizarse muchos factores, dentro de los que se incluye, principalmente, la posible participación que tenga el

producto en el mercado. Sin embargo, no se debe perder de vista que el dinero no lo es todo, sino que es más bien la alta tecnología la que hace la diferencia. Uno de los objetivos principales de este trabajo, es presentar el almidón de malanga como una alternativa que pueda llegar a sustituir a otros, como el del maíz, por ejemplo, dando la oportunidad de que al mismo tiempo que se exploten recursos que han estado muertos hasta ahora, se pueda disponer de las otras plantas con más amplitud para otros fines, como en el consumo directo de la población en su alimentación, en el caso del maíz. Por lo tanto, no es desacertado, tomar el mercado de la fécula de maíz como referencia para visualizar la participación que tendría el almidón de malanga. El almidón de maíz, obviamente, tendrá un costo más elevado en comparación con el de malanga, debido, principalmente, a los

costos de materia prima, por lo que, en cuanto a precios, es mejor comparar la malanga con la yuca. La malanga se compara con el maíz en cuanto a mercado y tecnología, y con la yuca en cuanto a costos.

Con base en los datos que se tuvieron al alcance, se estableció un ciclo de vida de 20 años para la planta, durante los cuales, aparentemente, se obtiene una utilidad bastante alta, sin embargo, es necesario tomar en cuenta el valor del dinero con el tiempo, para poder establecer la rentabilidad del proyecto. Para eso se aplicó el método de la tasa interna de retorno (TIR), que tiene la gran ventaja de poderse calcular utilizando sólo los datos del proyecto y no requiere datos en cuanto al costo de oportunidad del capital, y ya que en este proyecto no se incluyen reinversiones, la aplicación de esta técnica no se complica. La tasa interna de retorno encuentra la tasa de interés a la que descontados los flujos de fondos (ingresos - costos), dan un valor presente neto de cero. Como se puede ver en los resultados se encontró que la tasa interna de retorno para el proyecto tiene un valor aceptable ya que es alto, y al compararlo con las tasas de intereses actuales se

encuentra alejado. Este valor es  $TIR = i = 45.78\%$ , para una inversión inicial de Q 5,862,700, y un valor de rescate de Q880,000. Una idea de la rentabilidad económica, o más bien de la razón Beneficio-Costo del proyecto, se obtuvo con las utilidades brutas promedio y la inversión inicial, dando un valor alrededor de 38 %, pero esto es meramente una idea puesto que en las utilidades no se toma en cuenta el valor del dinero con el tiempo, sin embargo, al hacer esta misma relación usando un flujo de fondos descontado, por ejemplo a un  $i = 40\%$  se obtiene un dato más realista de 1.22, lo cual indica que a esa tasa de interés se recupera la inversión y además se obtienen ganancias netas.

Los riesgos que se corren al hacer una inversión tan grande como la de este proyecto son realmente significativos, debido a que se tiene competencia ya establecida en el mercado, por lo que se debe considerar que el tiempo de recuperación del capital (pay-out time) sea bajo, tal y como sucedió en este proyecto, en donde calculando a partir del TIR, se tiene que el pot es de 2.2 años.

Finalmente, de acuerdo con los resultados para punto de equilibrio, es decir el punto en que no se tengan ni pérdidas ni ganancias, éste se alcanzará cuando se hayan vendido Q 23,000,000.00, lo cual equivale en tiempo a aproximadamente 2 años. Esto respalda los resultados que establecen que el proyecto es factible de realizar, ya que si se alcanza el punto de equilibrio cuando se recupere el capital invertido las utilidades, efectivamente, van a ser netas y sin riesgo de pérdida.

## XVI. CONCLUSIONES

- 1.- El proyecto es técnica y económicamente rentable, y su participación en el mercado representa una buena alternativa de almidón que no provenga de maíz o maicillo, y por lo tanto contribuye con aumentar la disponibilidad de estos granos para que se puedan usar en el consumo directo de la población.
- 2.- La ubicación de la planta la hace ser remuneradora, ya que en el lugar elegido: hay disponibilidad de malanga durante todo el año, hay abundante agua y tiene un suministro asegurado de fuerza motriz, se cuenta con medios de transporte tanto para las raíces como para el producto final, y se tiene una alta disponibilidad de mano de obra.
- 3.- La tasa interna de retorno para el proyecto es de 45.78%, lo que respalda la factibilidad del proyecto, no solamente por su valor numérico, sino también por el tiempo de recuperación de capital al que da origen.
- 4.- A pesar de los riesgos que corre la inversión, debido, principalmente, a la competencia, pues existen almidones de otras fuentes que ya son reconocidos en el mercado, el proyecto es técnicamente factible atendiendo al tiempo de recuperación, ya que éste es de 2.2 años.
- 5.- El tiempo de recuperación del capital invertido es aproximadamente 2.2 años, y debido a que el punto de equilibrio se alcanza en 23 millones de quetzales, lo que significa aproximadamente 2 años, el proyecto es económicamente rentable y el riesgo que corre la inversión, siempre y cuando se venda todo lo que se produzca, es mínimo.

## XVII. RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda profundizar en el estudio de mercado para enfatizar la factibilidad de este proyecto, y analizar detenidamente las posibilidades reales de ponerlo en marcha, ya que, efectivamente, el almidón de malanga representa una buena alternativa para el consumo y no proviene de maíz, maicillo o trigo.
- 2.- Se recomienda ubicar la fábrica en Puerto Barrios, Izabal, ya que además de proporcionar excelentes condiciones para el proceso de producción, los suelos y el clima de este lugar ofrecen las mejores condiciones para el cultivo de la malanga, lo cual permitiría que se lleve a cabo un manejo rápido y seguro de las raíces, y reduciría los riesgos de perder la materia prima.
- 3.- Se recomienda que a la hora de echar a andar el proyecto se tome como referencia la curva de aprendizaje elaborada, para verificar en ese momento la factibilidad económica, tomando en cuenta el valor del dinero con el tiempo, y analizando los riesgos de la inversión de capital de acuerdo al tiempo de recuperación al que dé origen la tasa interna de retorno que se use, para que con base en lo anterior se tomen las medidas de preparación adecuadas antes de echar a andar el proyecto y obtener los mejores resultados en la práctica.
- 4.- Se recomienda hacer la inversión que requiere el establecimiento de la fábrica de almidón de malanga, ya que ésta se ve respaldada por un tiempo corto de recuperación y cifras monetarias alcanzables para llegar al punto de equilibrio, al mismo tiempo que este proyecto significaría una inversión a mediano plazo cuyo benefactor directo sería Guatemala, debido no sólo a las características alternativas de la fécula en el mercado respecto de la competencia, lo cual repercutiría en la nutrición de los guatemaltecos, sino también a las posibilidades de industrialización que promueve este proyecto. Pero sería conveniente que la industrialización de este producto sea regionalizada con el fin de que los beneficios consecuentes no se concentren en la capital.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Badger, W. y Julius Banchemo. 1964. Introducción a la Ingeniería Química. 2da. ed. McGraw-Hill. USA. 778Pp
- 2.- De Hass, B. y K.J. Goering. 1972. "New Starches VIII. Properties of the Small Granule-Starch from Colocasia esculenta". Cereal Chemistry, 49:712-719
- 3.- Fukuba, J. y S. Kinjo. 1978. "Behavior of Taro Starch". Jpn. Soc. Starch Sci., 25:193
- 4.- Grace, M. 1977. Elaboración de la yuca. FAO, Italia. 5.- Grace, M. et.al. 1970. Equipo industrial. FAO, Italia.
- 6.- Hirschmann, W. "The learning curve". Harvard Business Review, Jan-Feb, 1987. p 277
- 7.- Kastens, M. "What good is market research?". Chemical Technology, Nov. 1982. p 659
- 8.- Knight, J. 1965. Wheat Starch & Gluten. Mansell, Grn Bretaña. 153Pp
- 9.- Little, A. 1964. Cassava Industry. FAO. Italia.
- 10.- López, M. 1994. Caracterización fisicoquímica de la raíz de malanga (Colocasia esculenta (L.) Schott, Aracea), Extracción de su almidón y comparación del mismo con almidones de trigo y maíz. Tesis de la Universidad del Valle de Guatemala.
- 11.- McCabe, W., et.al. Operaciones Básicas de Ingeniería Química. 4ta.ed. McGraw-Hill/Interamericana, Madrid. 1110p
- 12.- Morales, O. 1988. Caracterización agronómica, morfológica y bromatológica de 14 cultivadores de malanga y 7 cultivadores de Quequexque en San Miguel Panan, Suchitepequez, Guatemala. Tesis de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- 13.- Perry, R. y D. Green. Perry's Chemical engineers' handbook. 6ta. De. McGraw-Hill, N.Y.
- 14.- Peters, M. et.al. 1980. Plant design and economics for chemical engineers. 3era. ed. McGraw-Hill, N.Y.
- 15.- Rossi, C. 1989. Estudio de Prefactibilidad para la construcción y operación de una planta para la producción de leche evaporada y condensada. Tesis de la Universidad del Valle de Guatemala.
- 16.- Standley, P. 1946. Flora of Guatemala. Fieldiana Botany Chicago.
- 17.- The Merck index. 10o. de. New Jersey, Merck & Co., Inc. 1983.

## APENDICES

### APENDICE 1

#### DATOS SOBRE LAS RAICES DE MALANGA Y DEL PROCESO DE OBTENCION DE ALMIDON A PARTIR DE LA MISMA, UTILIZADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO

Los siguientes datos fueron recolectados por medio de una investigación personal, y representan el promedio de los resultados obtenidos.

Base: Una raíz de malanga

- Diámetro = 0.16 metros
- Largo = 0.25 metros
- Volumen ocupado = 0.00503 metros cúbicos
- Masa = 1.362 Kg
- % de almidón: 50 % en peso

Los tubérculos de malanga pueden llegar a contener hasta 60 % en peso de almidón, sin embargo, debido a las diferencias entre variedades, es preferible tomar un porcentaje moderado.

De acuerdo al balance de masa del proceso, se necesitan 1500 Kg/hr de malanga, para producir 689 Kg/hr de almidón, trabajando a capacidad total y alcanzar la cuota diaria de 16 toneladas, esto es, considerando que sólo se alcanza un 95 % de extracción del contenido total de almidón, que la eficiencia de los tamices es del 95 %, que en los concentradores centrífugos se da un 5% de pérdida de fécula, y que en la sedimentación se pierde un 7 % de almidón.

APENDICE 2

**CIFRAS DE LAS IMPORTACIONES DE ALMIDÓN DE MAÍZ  
A GUATEMALA DURANTE LOS ULTIMOS SEIS AÑOS**

AÑO	CANTIDAD (Kg)	PRECIO C.I.F. (\$)
1,990	4,327,196	1,485,828.00
1,991	3,978,864	1,517,370.00
1,992	5,447,374	1,861,841.00
1,993	778,094	272,201.00
1,994	3,662,807	1,167,291.00
1,995	4,675,577	1,460,750.00
1,996	3,964,078	1,297,420.00

Departamento Estadístico del Banco de Guatemala, 1,997.

La información de 1,993 no se incluye en el presente estudio, ya que para ese año solamente se tabularon los datos de Enero, Febrero y Marzo, debido a que en esa fecha se cambió el sistema de clasificación de importaciones, y para el resto del año no se tiene reportado nada.

**APENDICE 3**  
**FORMULAS MAS IMPORTANTES UTILIZADAS**  
**PARA LA EVALUACION TECNICA**

**BME, despreciando las pérdidas por radiación:**

$$F(h_f) + S(h_s) = V(H) + L(h_l) + S(h_c)$$

- en donde:
- F = alimentación del secador por hora, en Kg, con un contenido de materia sólida  $x_f$
  - S = vapor de agua por hora proveniente de la caldera para efectuar el secado, en Kg
  - V = vapor que sale del secado, kg
  - L = líquido concentrado por hora, en Kg, con una composición en fracción de peso sólido de  $x_l$
  - $h_f$  = entalpia del líquido alimentado, por Kg
  - $h_s$  = entalpia del vapor de agua que viene de la caldera, por Kg
  - H = entalpia del vapor que sale del secado, por Kg
  - $h_l$  = entalpia del líquido concentrado, por Kg
  - $h_c$  = entalpia del agua condensada después del secado. por Kg

**Flujo de combustible a la caldera**

$$F_c = (F_v (sH)) / (E_{cald} (HHV))$$

- en donde:
- $F_v$  = Flujo de vapor, Kg/hr
  - sH = Diferencia de entalpías, vapor-condensado, KJ/Kg
  - $E_{cald}$  = Eficiencia de la caldera
  - HHV = High heat value

**Transportador de hélice**

$$P = (C)(L)(W)(F) / 6.035$$

- en donde:
- P = potencia necesaria, J/s
  - C = capacidad del transportador, m<sup>3</sup>/min
  - L = longitud del transportador, m
  - W = peso del material, Kg/m<sup>3</sup>
  - F = coeficiente del material

**Transportador de banda**

$$P = P_v/0.00328 + P_h + P_{vacio}$$

- en donde:
- P = potencia necesaria, J/s
  - P<sub>v</sub> = P vertical, 0.001 \* H \* W
  - P<sub>h</sub> = P horizontal, (0.4 + L/91.5)(W/100000)
  - P<sub>vacío</sub> = dato según tabla
  - H = altura, m
  - W = capacidad de carga, Kg/hr
  - L = longitud de la banda, m

#### APENDICE 4

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVAR LA MALANGA

Debido a que actualmente en Guatemala no se cultiva industrialmente la papamalanga, a continuación se propone una forma de cultivo que concuerda con las necesidades del proyecto, y que se practica actualmente en el cultivo de la yuca.

El cultivo se puede realizar como una gran plantación. Para la demanda de papamalanga en el proyecto, se estima que se necesitan 1255 hectáreas. Para la preparación del terreno, sería preferible el empleo de maquinaria al trabajo manual con tal de asegurar el mejor semillero posible para el desarrollo de los tubérculos. Las operaciones subsiguientes de plantación, escarda, descabezado y recolección pueden hacerse a mano o mecánicamente. Con base en plantaciones de yuca en América del Sur y la zona del Caribe, se necesita un máximo de 494 horas/hombre por hectárea de yuca, abarcando la preparación de esquejes, plantación, escarda y recolección.

A continuación se describe brevemente la mecanización, tal como se usa en el cultivo de yuca actualmente, y que podría ser aplicado sin ningún problema a la papamalanga, dado el parentesco tan cercano entre estos dos tubérculos:

- a) El azadón es el principal utensilio para cultivo, escarda y recolección.
  - b) Las operaciones fundamentales, como arado y dradeo, pueden hacerse con tractores.
  - c) Un plantador mecánico fabricado en Brasil se está utilizando en México. Es un
-

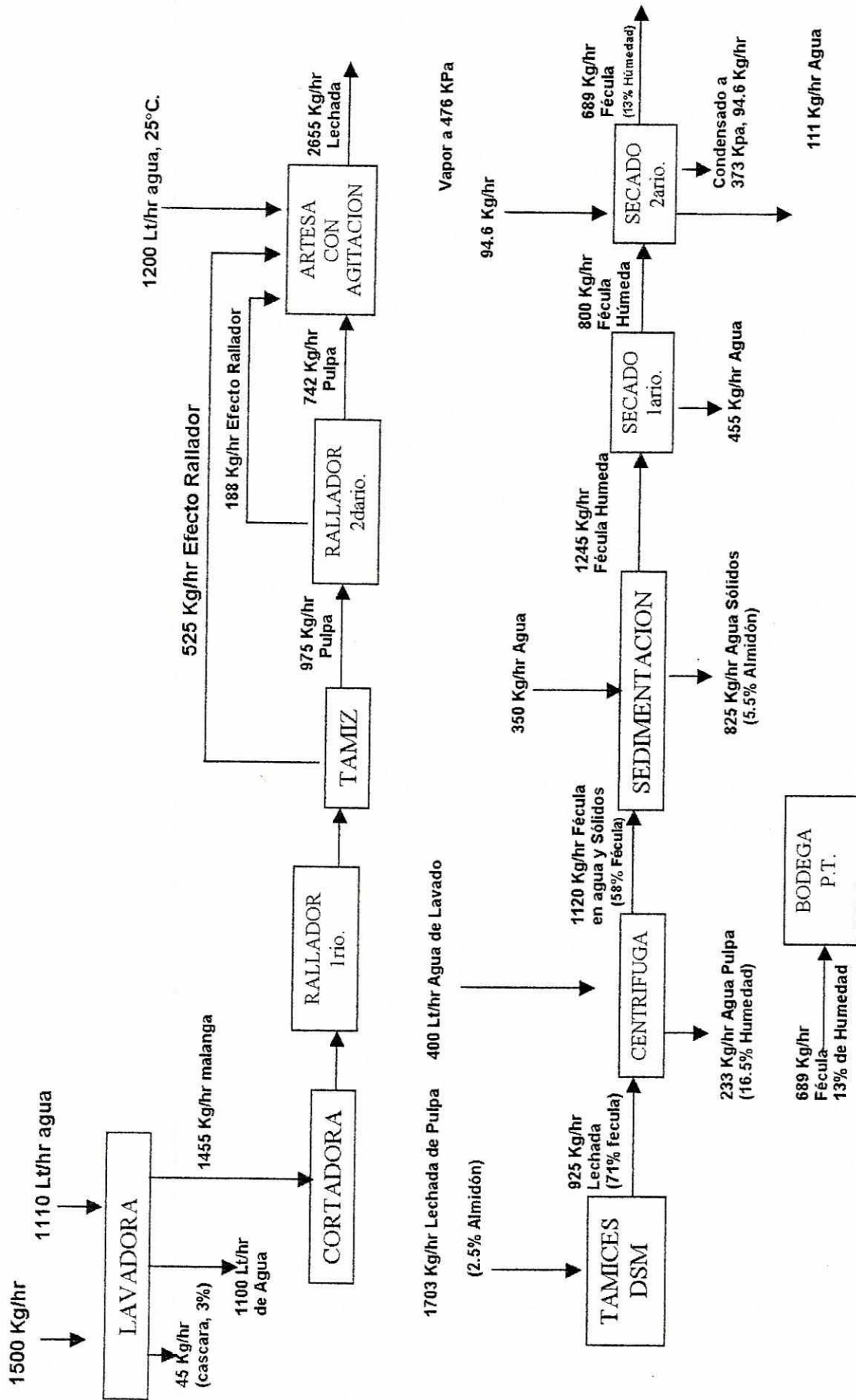
plantador de dos hileras que utiliza un tractorista y dos hombres sobre la máquina para cargar artesas de reserva en la plataforma giratoria de plantación giratoria. Al funcionar las estacas caen sucesivamente, a través de un orificio, en un surco abierto por un surcador simple. Un par de discos lanza la suciedad en el surco, y flotadores tirados por cadenas empaquetan el suelo sobre las estacas. La capacidad del plantador es de 5 ha/día.

- d) Se ha creado una unidad para realizar el acaballado y la plantación modificando un plantador en caballones para trabajar como abresurcos-plantador y un cultivador para trabajar como plantador de seis hileras después de haber formado los caballones en el área.
- e) Una máquina sencilla que se emplea en México es una sierra de mesa accionada por gasolina empleada para preparar las estacas para plantación. Esta máquina tiene la ventaja de la rapidez y la regularidad de las estacas producidas. Comparada con el trabajo manual, el ahorro de tiempo está en la relación de 3:1 (5).
- f) ha sido virtualmente imposible realizar la primera operación de escarda entre caballones por un cultivador. La escarda mecánica de las cabezas de los caballones presenta varias dificultades.
- g) Se perfeccionó una máquina de descabezar, que consiste en un tamiz fuerte, montado sobre el frente de un tractor, para hacer descender las cabezas caídas para hacer posible la recolección manual. La altura a que pueden volver a cortarse las cabezas puede regularse fácilmente con cualquier segadora

rotatoria.

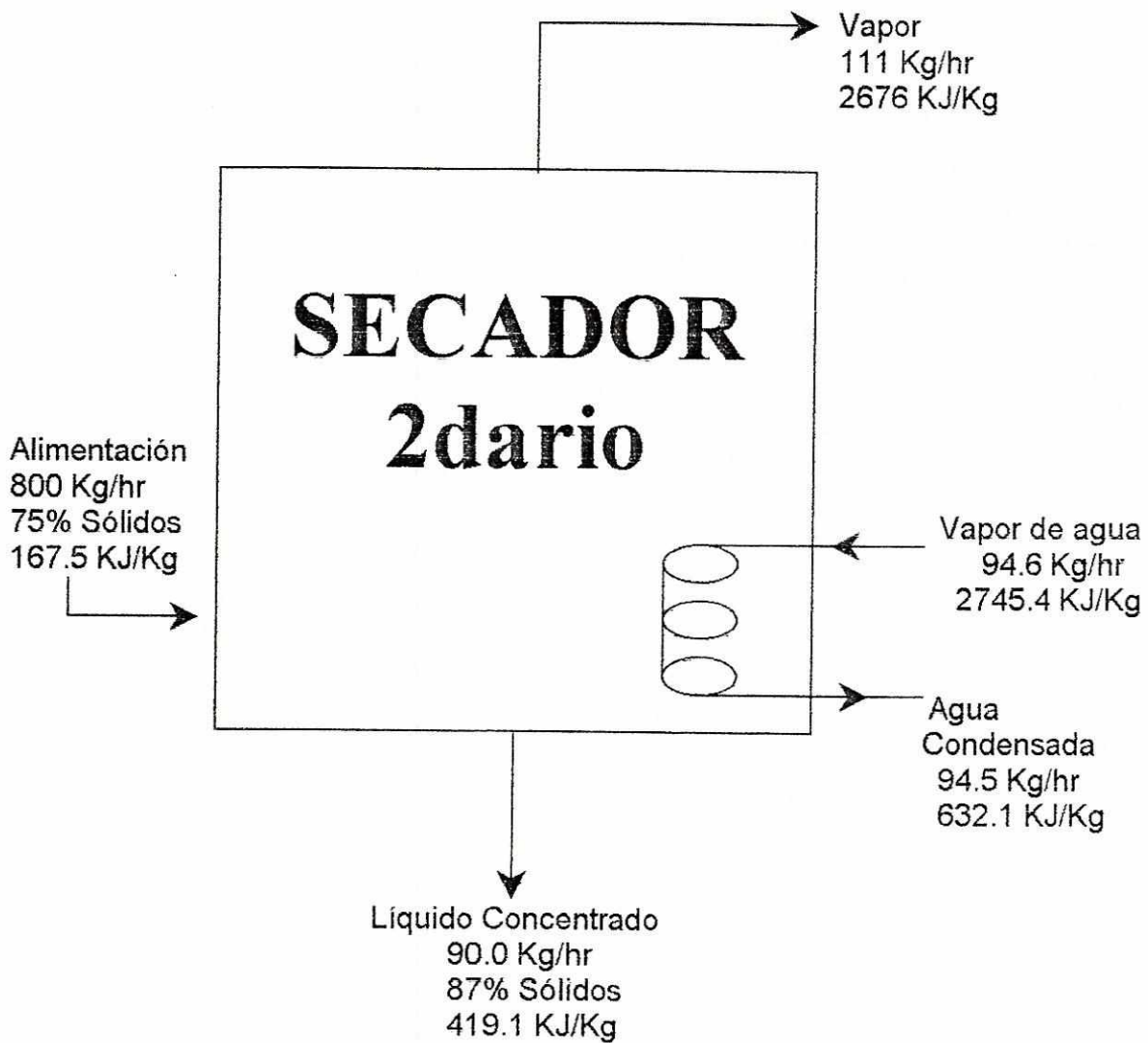
h) La yuca, al igual que la malanga, no es un cultivo que se preste a la recolección mecánica, debido a la forma de crecimiento de los tubérculos. Estos pueden esparcirse un metro al crecer en el terreno y penetrar hasta 50-60cm.(la mitad de estas cifras, es aplicable a la malanga, en casos extremos). Sin embargo en México se han empleado arados de reja para hacer menos molesta la recolección manual. En Ghana, han podido recolectarse unos 2000m<sup>2</sup> cuadrados en 2.5 horas por un tractor, mientras que ordinariamente, se tarda 5 días/hombre. Se ha propuesto el empleo de una cosechadora modificada de patatas o remolachas detrás del tractor, con un mecanismo de arranque, en lugar de las excavadoras de borde para elevar los tubérculos tirando de los tallos cortados que quedan del descabezado.

# APENDICE 5.1 BALANCE DE MASA Y ENERGIA

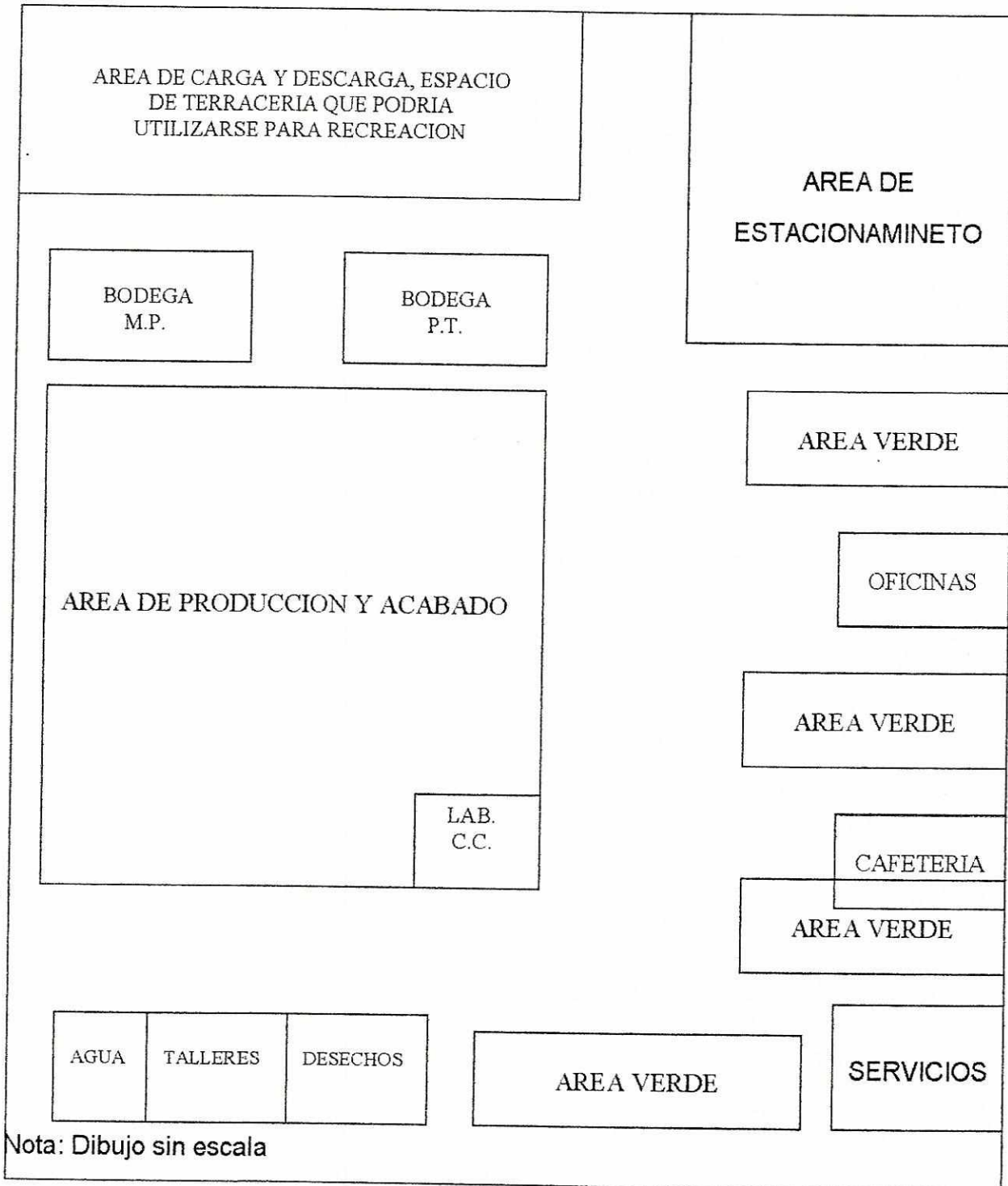


## APENDICE 5.2

## BALANCE DE MASA Y ENERGIA



**APENDICE 6**  
**DISTRIBUCION DE LA PLANTA**



Nota: Dibujo sin escala

**APENDICE 7  
CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO  
Y OTROS INDICES DE RENTABILIDAD**

Se utilizó el método de prueba y error para establecer el valor del interés para el cual la sumatoria del flujo de fondos descontado a esta tasa, diera cero.

El flujo de fondos es la diferencia entre los ingresos y los costos, o utilidad bruta, y el flujo de fondos descontado es la utilidad bruta multiplicada por el factor de descuento que toma en consideración la tasa de interés asumida.

$$Fd = 1 / (1 + i)^n$$

en donde: Fd = factor de descuento

i = la tasa de interés

n = año en el que se hace el descuento

El tiempo de recuperación de capital invertido, o pay-out time (pot), se calcula en base al TIR

$$pot = 1 / TIR$$

en donde: pot = tiempo de recuperación del capital

TIR = tasa interna de retorno

El punto de equilibrio se calcula por la fórmula  $p.eq. = c.f. / (1 - (c.v.)/(v.t.))$

en donde: p.eq.= punto de equilibrio

c.f. = costos fijos totales

c.v. = costos variables

v.t. = ventas totales

## APENDICE 7

### FLUJO DE FONDOS DESCONTADO A DIFERENTES TAZAS DE INTERES

AÑO	Flujo de Fondos	FF, descontado I = 40%	FF, descontado I = 40%	FF, descontado I = 40%	FF, descontado I = 40%
0	5862700	5862700	5862700	5862700	5862700
1	1653120	1180800	1102080	11170163.184	1133982.461
2	2021697.6	1031478.367	898532.2667	922904.9544	951305.7623
3	2442778.464	890225.3878	723786.2116	723795.2589	788480.0326
4	2921060.959	760376.1347	576999.6956	608749.1039	646769.6333
5	3461586.4	643628.1014	455846.7687	487495.2127	525745.7424
6	4069761.526	540506.2843	357290.4495	387237.8092	424016.2441
7	4751382.364	450737.5458	278087.9183	278098.4098	339571.7948
8	5512659.551	373539.8043	215095.4411	239469.9309	270258.1345
9	6042232.949	292445.6352	157172.5879	177339.5371	203200.2941
10	6605903.229	228376.4578	114556.5461	130995.061	152398.1875
11	7205603.782	177935.2469	83304.08915	96555.09068	113992.6518
12	7843371.524	138345.9512	60451.74051	70982.51229	85139.79789
13	8521352.281	107360.3533	43784.67872	52150.67596	63449.98908
14	9241806.44	83169.55327	31657.68712	38201.9311	47207.1473
15	10007114.9	64326.26547	228525301	27919.85057	35064.93061
16	10819785.34	49678.75911	16472.45732	20449.39429	25999.94417
17	11067592.48	36297.48266	11233.158	14111.18041	18247.13972
18	11271819.86	26405.19637	7626.957761	9711.799991	12748.42826
19	11426599.43	19119.84302	5154.458946	6650.280868	8867.041158
20	12293940.29	14693.67447	3697.136552	4831.518534	6540.376234
Totales	133318469.4	1246746.044	-697016.9203	-448037.3035	-9714.267359