

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Química

**DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA  
ELABORACIÓN DE ALMIDÓN SIN GLUTEN A PARTIR DE  
FRIJOL TERCIOPELO  
(*Mucuna spp.*)**

Guatemala  
2,006



**DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA  
ELABORACIÓN DE ALMIDÓN SIN GLUTEN A PARTIR DE  
FRIJOL TERCIOPELO  
(*Mucuna spp.*)**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Química

**DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA LA  
ELABORACIÓN DE ALMIDÓN SIN GLUTEN A PARTIR DE  
FRIJOL TERCIOPELO  
(*Mucuna spp.*)**

Trabajo de graduación presentado por Claudia Maria Lezama Santana  
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química

Guatemala  
2,006

Vo. Bo.:

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Luis Muñoz  
Asesor

Tribunal:

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Luis Muñoz

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Godínez

(f) \_\_\_\_\_  
Ing. Eduardo Calderón  
Director de Departamento Ingeniería Química

Fecha de aprobación: 19 de Octubre del 2,006

## **PREFACIO**

Agradezco,

Primeramente a Dios, por haberme permitido, en su misericordia, llevar a un feliz término este Trabajo de Graduación.

A mis padres, quienes han sido un apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mis hermanos: Karla, Martha y Miguel, por apoyarme y ayudarme en todo momento.

Al Doctor Ricardo Bressani y al Ingeniero Jorge Luis Muñoz, por compartir sus experiencias, conocimientos y consejos en el tiempo que duro la elaboración de este trabajo de graduación.

A mis hermanos de Iglesia Bíblica Jesús, por apoyarme y animarme.

A mis amigos, María Renée, Mónica, Luis Antonio y Julio César, quienes me apoyaron a ayudaron incondicionalmente.

# CONTENIDO

PREFACIO.....	iv
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES Y DIAGRAMAS.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
A. Un poco de historia.....	2
B. Harinas.....	5
C. Molienda.....	7
D. Localización y distribución industrial.....	7
III. JUSTIFICACIÓN.....	13
IV. OBJETIVOS.....	14
A. Generales.....	14
B. Específicos.....	14
V. PROBLEMA A RESOLVER.....	15
VI. METODOLOGÍA.....	16
VII. RESULTADOS.....	22
VIII. DISCUSIÓN.....	41
IX. CONCLUSIONES.....	43
X. RECOMENDACIONES.....	44
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	45

XII.	APÉNDICES.....	46
	A. Análisis proximal del grano entero.....	46
	B. Análisis proximal de producto.....	47
	C. Curva de calibración para toxina L-Dopa.....	48
	D. Definición de mercado.....	49
	E. Diagrama de bloque balance de masa.....	51
	F. Tarifas de energía en Centroamérica.....	54
	G. Costos iniciales de mobiliario.....	55
	H. Cédulas para elaboración de flujo de caja.....	61
	I. Periodo de retorno de inversión.....	62

## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
01	Composición química de la planta de frijol Terciopelo ( <i>Mucuna, spp</i> ) deshidratada	04
02	Caracterización físico-química de las semillas secas	05
03	Costo de productos elaborados con harinas	06
04	Caracterización físico-química del grano de frijol Terciopelo ( <i>Mucuna,spp</i> )	22
05	Caracterización físico-química del almidón extraído	23
06	Rendimiento de almidón y proteína extraído reduciendo el tamaño de la partícula	23
07	Comparación en tiempo de propiedades generales del almidón extraído para 100 g/ 150 mL de solvente	23
08	Balance de masa para 1 kg de materia prima	24
09	Balance de energía para molienda de materia prima y extracción de almidón	25
10	Especificación de equipo para bombas hidroneumáticas	26
11	Especificación de equipo para depósitos de almacenamiento de agua	26
12	Especificación de equipo para bomba para planta de tratamiento de agua	27
13	Especificación de equipo para filtrar	27
14	Especificación de tanques mezcladores	28
15	Especificación de agitadores	28
16	Especificación de equipo para molienda	28
17	Especificación de columnas para planta de tratamiento de agua	29
18	Especificación de equipo para llenado	29
19	Especificación de banda transportadora	29
20	Especificación de secador	30
21	Especificación de evaporador	30
22	Costos variables anuales	37
23	Costos fijos anuales	37
24	Inversión inicial	37
25	Flujo de caja proyectado a 10 años	38
26	Calculo de VAN y TIR para evaluación de proyecto	39
27	Calculo del punto de equilibrio	40
28	Análisis proximal para grano de frijol Terciopelo( <i>Mucuna, spp</i> )	46
29	Análisis proximal para almidón extraído	47
30	Curva de calibración de L-Dopa	48

31	Resultados de extracción de toxina L-Dopa en grano entero	48
32	Resultados de extracción de toxina L-Dopa en grano molido	48
33	Censo de la República de Guatemala	49
34	Características de zonas para situar la planta	49
35	Método cualitativo por puntos para localización de planta industrial	50
36	Comparación de precios de materia prima	50
37	Costo de materia prima	50
38	Actividades realizadas para la molienda y consumo de energía por proceso	52
39	Tarifas de energía eléctrica (kWh) vigentes en Centroamérica	54
40	Costos iniciales de mobiliario (área de materia prima)	55
41	Costos iniciales de mobiliario (área de mantenimiento)	55
42	Costos iniciales de mobiliario (área de cafetería)	55
43	Costos iniciales de mobiliario (área de baños)	56
44	Costos iniciales de mobiliario (área de control de calidad)	56
45	Costos iniciales de mobiliario (área de producto terminado)	56
46	Costos iniciales de mobiliario (área de administración)	56
47	Costos iniciales de instalación	57
48	Costos iniciales de mantenimiento	57
49	Inversión inicial en equipo y maquinaria para proceso de extracción de almidón	57
50	Costos de equipo puestos en área de trabajo	58
51	Sueldos fijos	60
52	Sueldos variables	60
53	Cédulas para elaboración de flujo de caja	61

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1 Bomba para almacenamiento de agua	26
2 Deposito para almacenamiento de agua	26
3 Bomba para planta de tratamiento de agua	27
4 Filtros	27
5 Tanque mezclador	28
6 Agitador	28
7 Molino de discos	28
8 Columnas de planta de tratamiento de agua	29
9 Llenadota	29
10 Banda transportadora	29
11 Secador eléctrico	30
12 Evaporador eléctrico	30

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama No.	Página
1 Diagrama de bloque para proceso de extracción de almidón	32
2 Diagrama de bloque para tratamiento de agua	33
3 Diagrama de flujo de extracción de almidón	34
4 Diagrama de operaciones para extracción de almidón sin gluten	35
5 Diseño de planta industrial por área	36
6 Diagrama de bloque para balance de masa	51

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo de graduación es diseñar una planta industrial para extraer almidón sin gluten del frijol Terciopelo (*Mucuna, spp*) y la extracción de la toxina L-Dopa, presente también en los granos de este frijol. Para determinar el mejor rendimiento en la extracción de almidón y de toxina L-Dopa, la materia prima fue sometida a dos procesos, el primero fue utilizando el grano entero y el segundo reduciendo el tamaño del grano, por molienda en seco. El mejor rendimiento obtenido en la extracción del almidón y la toxina L-Dopa en los granos de frijol, fue reduciendo el tamaño del grano por molienda en seco, obteniendo resultados de extracción de un 60 % para el almidón y de un 76 % de extracción para la toxina. Al haber determinado el proceso para obtener el mejor rendimiento, se procedió a realizar un análisis proximal a la materia prima y al almidón extraído, para determinar la calidad nutricional (humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas).

Determinadas las cualidades nutricionales de ambas muestras, se procedió a diseñar la planta industrial, elaborando un estudio técnico que incluye la definición del mercado para consumo del producto, la localización de la planta, un diagrama de flujo para el proceso de extracción, la selección de equipo a utilizar para realizar el proceso y un análisis económico para determinar la viabilidad del proyecto.

Del análisis económico, se determinó el precio de 1 Kg. de producto terminado, el cual es de Q 30.52 , la tasa interna de retorno la cual fue un 29.7 %, el valor actual neto que asciende a Q 2,917.05 y el tiempo de retorno de la inversión que fue de 2.4 años.

## ABSTRACT

The objective of this graduation work is to design an Industrial Plant to extract starch without gluten from the Terciopelo bean (*Mucuna, spp*) and the extraction of the L-Dopa toxin present also in grains of this kind of bean. In order to determine the best performance of the starch and L-Dopa toxin extraction, the prime matter was subject to two processes, first was using the entire grain was used and in the second the grain size was reduce by milling in dry. The best extraction performance of starch and L-Dopa toxin in these grains was obtained by the second process, by reducing the size of the grain and milling it in dry, the results obtained by this process were the extraction of a 60 % for starch and 76 % of extraction for the toxin. Once the best process to obtain the bests performance was determined, the second steps was to make a proximal analysis to the prime matter and to the extracted starch, it was made to determine the nutritional quality (humidity, protein, fat, fiber and ashes).

Once the nutritional qualities were determined of both samples, it was come to design the industrial plant, elaborating a technical study that includes the definition of the market for consumption of the product, the plant's location, a flow chart for the extraction process, the selection of equipment to be used in the process and an economic analysis to determine the viability of the project.

From the economic analysis, it was determined the price of 1 kg of finished product, which is of Q 30.52, the internal rate of return which was a 29.7 %, the net present value that ascends to Q 2,917.05 and the turnaround time of the investment that was of 2.4 years.

# I. INTRODUCCIÓN

De la diversidad de procesos industriales, uno de interés es el de los procesos que involucran leguminosas de grano, ya que estos son ricos en moléculas orgánicas conocidas como polisacáridos (almidones), los cuales se utilizan en la preparación de fideos y panes. Estos almidones, que son de tamaño pequeño dan productos de mejor calidad que los almidones de los tubérculos (por ejemplo la yuca y la papa). Cabe mencionar que algunas de las leguminosas de grano, presentan altos niveles de toxicidad, lo cual limita su consumo. Una de estas leguminosas de grano es el frijol Terciopelo (*Mucuna, spp.*) que es una leguminosa producida en la Costa Sur de Guatemala con una toxicidad relativamente alta de L-Dopa, la cual tiene que ser eliminada a través de diferentes procesos físico-químicos.

Este trabajo tiene como objetivo el diseño de una planta industrial para la elaboración de almidón sin gluten a partir del frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*), evaluando la funcionalidad del almidón libre de gluten (obtenido de los cotiledones) en la preparación de alimentos, como pan francés o tallarines, así también la elaboración de un estudio técnico y económico para el diseño de la planta industrial.

## II. ANTECEDENTES

El frijol Terciopelo, es una vigorosa leguminosa trepadora anual, originalmente provino del sur de China y el este de la India, donde fue en un tiempo cultivada ampliamente como hortaliza. El género *Mucuna*, perteneciente a la familia Fabaceae, abarca tal vez 100 especies de leguminosas anuales y perennes, incluido el frijol terciopelo. El género *Stizolobium* fue usado para distinguir al frijol Terciopelo de *Mucuna spp* perennes, pero esta distinción no fue mantenida.

La *Mucuna* es autógama y, por lo tanto, es rara la contaminación natural. En las zonas tropicales hay más o menos una docena de *Mucuna spp* que probablemente representan una fragmentación del cultigen asiático existiendo numerosas cruzas e híbridos.

Las principales diferencias entre las especies cultivadas son el carácter de la pubescencia en la vaina, el color de la semilla y el número de días hasta la cosecha de la vaina. "*Cowitch*" y "*cowhage*" son los nombres comunes en inglés de los tipos de *Mucuna* con largos pelos urticantes en la vaina. El contacto provoca en el hombre una dermatitis muy pruriginosa, causada por la *mucunaina*. Los tipos no urticantes, conocidos por el nombre común de "frijol Terciopelo" (*velvetbean* en inglés) tienen pelos sedosos aplanados. Las semillas son de color negro brillante, blanco crema, gris, beige y moteadas. Los ciclos biológicos varían entre 100 y 300 días hasta la cosecha de la vaina. También se ha informado la existencia de una variedad no trepadora con escasa producción de follaje, que recibe el nombre de "frijol Terciopelo en racimo" (*bunch velvetbean* en inglés).

Se ha señalado que *Mucuna spp.*, contienen los compuestos tóxicos L-Dopa, triptaminas alucinógenas y factores antinutricionales tales como fenoles y taninos. Debido a las concentraciones elevadas de L-Dopa (7%), el frijol Terciopelo es una fuente comercial de esta sustancia, usada en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson. No obstante, la L-Dopa también puede producir un estado de confusión mental y trastornos intestinales en el ser humano. A pesar de sus propiedades tóxicas, diversas especies de *Mucuna, spp.* se producen como cultivo alimentario secundario. Las semillas crudas de frijol Terciopelo contienen alrededor de 27% de proteínas y son ricas en minerales (especialmente K, Mg, Ca y Fe)( Bressani, 2002).

En Guatemala y México, por al menos varios decenios *Mucuna pruriens* ha sido tostada y molida para obtener un sucedáneo del café; la semilla es muy conocida en la región como "Nescafé," en reconocimiento de ese uso. El empleo de *Mucuna spp*, como cultivos alimentarios secundarios también ha sido observado en Ghana, Mozambique y Nigeria. Sin embargo, un brote de psicosis aguda en Mozambique fue atribuido al consumo inapropiado del frijol terciopelo: a causa de la hambruna y la sequía, el agua

usada para hervir la semilla no era descartada, como se hace normalmente, y se consumieron cantidades de ese líquido superiores a las habituales( Eilitta,2000).

La toxicidad del frijol Terciopelo no procesado tal vez explique por qué la planta tiene pocos problemas con las plagas de insectos. El frijol terciopelo es bien conocido por sus efectos nematocidas cuando se lo usa en rotación con varios cultivos comerciales, a pesar de que no es él mismo, inmune a varias especies de nematodos. También parece poseer una notable actividad alelopática, que quizás contribuya a suprimir a las plantas competidoras. No obstante, puede alojar agentes patógenos transmitidos por el suelo, como *Macrophomina phaseolina*, que son nocivos para el maíz y otros cultivos alimentarios. La semilla del frijol terciopelo es conocida como *frijol de abono* en reconocimiento de uno de sus principales beneficios.

No se han encontrado datos que expliquen cómo se difundió el frijol Terciopelo entre todas estas poblaciones. Los patrones de emigración y los vínculos comerciales entre los pueblos indígenas de la región pueden haber cumplido una función. Los ketchis (primeros usuarios del frijol Terciopelo) fueron desplazados por fuerzas políticas a zonas de Guatemala y Belice y al sur de México y posiblemente llevaron con ellos la semilla del frijol Terciopelo y el conocimiento de su empleo.

Actualmente, la semilla de frijol Terciopelo producida en las tierras bajas de Guatemala se comercializa como un sucedáneo del café entre los pueblos indígenas de las tierras altas, que están culturalmente relacionados con los mames de Chiapas. El empleo del frijol Terciopelo como sucedáneo del café también puede haber estimulado la difusión de la semilla, y quizás también de las prácticas de manejo del cultivo de cobertura. Más de miles de agricultores en Guatemala y el sur de México usan el frijol Terciopelo para fertilizar el suelo, combatir las malezas y proteger la tierra de cultivo de la erosión ya que luego de la primera siembra la semilla del frijol terciopelo germina por sí sola en el campo, repitiéndose el ciclo de cultivo. Esta práctica reduce los costos de mano de obra teniendo que controlar solo el crecimiento de la maleza (Eilitta, 2000).

### **A. Apariencia física del frijol Terciopelo (*Mucuna,spp*)**

Las hojas son delgadas, delicadas y abundantes y a veces con pecíolos velludos de unos 15 cm. de largo. Las flores son blancas que crecen en grupos de 3 ó 4 con una corola morada-azulada en forma de mariposa. Las raíces son grandes y modulares. Produce vainas que por lo general están en grupo. Las vainas son gruesas, y están cubiertas densamente de vellos y contienen 4 ó 6 semillas. Se ha informado que la planta produce entre 8.5 a 11.7 t/ha de materia seca.

Los rendimientos de vainas se han reportado entre 1-4 t/ha con valores típicos de 3 t/ha. Se ha indicado que el 60 % es semilla. Los rendimientos de semilla dependen de la agronomía aplicada y fluctúan entre 200-1250 kg/ha (Siddhuraju, 2000).

## B. La biomasa

Como se indicaba anteriormente el frijol terciopelo (*Mucuna spp*) es capaz de producir una cantidad muy abundante de biomasa sobre todo si dispone de un soporte para su desarrollo. Se ha informado de producciones entre 2 a 9 t/ha de materia seca y sobre rendimiento y usos del frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*) en Zimbabwe.

Entre las aplicaciones está el uso de las vainas y semillas como alimento para animales, como un pasto, heno y ensilaje con maíz. La composición química de la planta deshidratada esta indicada en el cuadro No. 1.

**Cuadro No.1 Composición química de la planta de frijol Terciopelo (*Mucuna,spp*) deshidratada**

Materia seca, g %	92.5
Extracto libre de nitrogeno, g %	37.0
Extracto etereo, g %	5.3
Fibra cruda, g %	17.1
Proteina(Nx 6.25), g %	27.6
Cenizas, g %	5.5
Ca, g %	0.759
P, g %	0.289
Fe, g %	0.0148

Estos datos sugieren que una harina de esta naturaleza del frijol Terciopelo (*Mucuna spp*) podría ser útil en alimentación animal, como un ingrediente en el concentrado. Esta posibilidad requiere más investigación. (Maasdorp, 2000)

## C. La semilla

El rendimiento de grano de frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*) es muy variable dependiente de la variedad, condiciones ambientales, fertilidad de los suelos y agronomía aplicada. Se ha indicado que en Zimbabwe el rendimiento ha sido entre 1.3 a 2.0 t/ha. Existen variedades de cáscara negra, crema y pinta con granos con peso variable de 0.50-0.70 g/grano. Existen muchos datos sobre su composición química y el Cuadro No.2 presenta información del frijol terciopelo, comparándola con otras leguminosas de grano, como el Caupi y frijol negro.

**Cuadro. 2 Caracterización físico-química de las semillas secas**

<b>Características</b>	<b>Terciopelo</b>	<b>Caupi</b>	<b>Negro</b>
Humedad, %	10	10.6	10.4
Proteína, %	23.4	24.1	22.7
Grasa, %	5.7	1.2	1.6
Extracto libre al Nitrógeno, %	51.5	-	-
Fibra, %	6.4	4.5	-
Cenizas, %	3	3.4	3.7
Calcio	0.18 %	77 mg/100 g	134 mg/100 g
Fósforo	0.99 %	420 mg/100 g	415 mg/100 g
Tiamina, mg /100 g	0.50	0.87	0.47
Riboflavina, mg /100 g	0.20	0.23	0.15
Niacina, mg /100 g	1.7	1.9	2.09
Potasio, %	0.36	-	-
Vitamina A, UI/100 g	50	-	-

Los aislados proteicos obtenidos de la semilla pueden utilizarse como suplemento de cereales. Sin embargo, el costo de la materia prima es alto, lo cual hace el aislado de proteína algo restrictivo en utilizar. Por el otro lado existen varios trabajos en los cuales las leguminosas de grano se han usado para extraer el almidón (polisacárido) el cual se utiliza en la preparación de fideos y en la industria panificadora. Estos almidones que son de tamaño pequeño, dan productos de mejor calidad, que almidones de los tubérculos que son de mayor tamaño. Con base en estos antecedentes es que se originó este proyecto, que pretende diseñar una planta industrial para la elaboración de almidón sin gluten, con niveles no detectables de L-Dopa, a partir de frijol Terciopelo (*Mucuna, spp*) (Maasdorp, 2000).

#### **D. Harinas**

Es la materia prima esencial en el completo sentido de la palabra: formadora de la masa. La harina de cereales o leguminosas poseen constituyentes aptos para la formación de masas (proteína – gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente. Esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (levado con levadura, leudado químico) para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen. El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina, esta proteína puede causar lesión severa en la mucosa del intestino delgado, provocando una atrofia de las

vellosidades intestinales que conlleva una inadecuada absorción de los nutrientes de los alimentos (proteínas, grasas, hidratos de carbono, sales minerales y vitaminas) produciendo intolerancia en individuos con predisposición genética. Esta intolerancia es conocida como Enfermedad Celiaca (E.C.)

La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. La harina que se compra en el mercado es de una clasificación de cuatro ceros (0000) y tres ceros (000). Las hay de dos ceros (00), un cero (0) y medio cero (1/20). La composición química de las harinas de consumo tienen promedio de un 70% de almidón, un 10.5 % de proteína, un 1,5 % de grasa y un 15 % de agua. A las harinas que contienen menos proteína- gluten se las llama pobres en gluten, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de gluten húmedo es superior al 30 %.

El pan, las galletas, las pastas alimenticias, etc., normalmente, se elaboran con harinas de cereales y como ingrediente en muchos otros alimentos envasados y/o elaborados. También, el gluten es utilizado como: excipiente de aditivos, preservador de la humedad, como barrera frente a la grasa, como excipiente de aromas externos, para evitar los procesos de oxidación, etc. Los síntomas mas comunes en los pacientes que presentan la intolerancia a esta proteína son:

- Diarrea crónica y/o vómitos
- Anemia ferropénica
- Retraso del crecimiento
- Pérdida de apetito y de peso
- Distensión abdominal
- Alteración del carácter

En los niños, la enfermedad celiaca suele aparecer poco tiempo después de incorporar los cereales a la alimentación. Sin embargo, tanto en el niño como en el adulto los síntomas pueden ser atípicos o estar ausentes, dificultando su diagnóstico. Se han elaborado productos con harinas libres de gluten como se puede observar en el cuadro No.3 pero el costo de estos es elevado con respecto a los productos elaborados con harinas normales.

**Cuadro No.3 Costo de productos elaborados con harinas**

Producto	Cantidad (kg)	Normal		Sin gluten	
		Pesetas (ptas.)	quetzales (Q)	Pesetas (ptas.)	quetzales (Q)
Harina	1	75	0,57	1250	9,50
Galletas	1	180	1,37	3825	29,08
Pan rallado	1	182	1,38	2000	15,20
Pan molde	1	182	1,38	1500	11,40
Pastas	1	158	1,20	1100	8,36

Tipo de Cambio 1 peseta= 0.00760\$1 dólar= 131.551 pesetas

(Federación de Asociaciones de Celiacos de España)

## E. Composición de las harinas

Según la definición del CAE la harina debe ser: suave al tacto, de color natural, sin sabores extraños a rancio, moho, amargo o dulce. Debe presentar una apariencia uniforme sin puntos negros, libre de insectos vivos o muertos, cuerpos extraños y olores anormales. Su composición debe ser:

Glúcidos.....	74-76 %	Agua.....	11-14 %
Prótidos.....	9-11 %	Minerales.....	1-2 %
Lípidos.....	1-2 %		

(Büskens, 1982)

## F. Molienda

Es la operación tecnológica de transformar el grano en harina. Los granos libres de sustancias extrañas son triturados y reducidos a partículas de diferentes tamaños que se pueden separar entre si por procedimientos mecánicos, utilizando diferentes tipos de molinos como de bolas, de barras, de martillos o discos. La molienda puede ser dos formas: Seca o húmeda.

### Molienda seca

Durante el proceso se separan las distintas partes que componen los granos y a partir de éstas, pueden obtenerse distintos productos.

### Molienda húmeda

Durante el proceso de molienda húmeda, el grano, antes de ingresar al molino, es macerado con agua.

## G. Balance de masa y energía

Los balances de masa y energía son la contabilidad de los pesos y la energía que entran y salen en una unidad de proceso.

## H. Localización y distribución industrial

En la primera etapa de la preparación de un proyecto como el diseño de una planta industrial se debe determinar la magnitud de la inversión, costos y beneficios. En una segunda etapa se evaluará la rentabilidad de la inversión, ambas etapas constituyen lo que se conoce como la preinversión.

Una evaluación de proyecto es un instrumento que provee información para tomar decisiones de inversión. En términos generales, seis son los estudios particularmente que deben realizarse para evaluar un proyecto:

**Estudio comercial:** indicará si el mercado es o no sensible al bien o servicio producido por el proyecto y la aceptabilidad que tendría en su consumo o uso, permitiendo la postergación o rechazo de un proyecto sin tener que asumir los costos que implica un estudio económico

completo. En muchos casos, la viabilidad comercial se incorpora como parte del estudio de mercado en la viabilidad financiera. El estudio de mercado es uno de los factores más críticos en el estudio de proyectos, tanto por el hecho de que aquí se define la cuantía de su demanda e ingresos de operación, como por los costos e inversiones implícitos.

2. **Estudio técnico:** estudia las posibilidades materiales, físicas o químicas de producir el bien o servicio que desea generarse con el proyecto. Del análisis de las características y especificaciones técnicas de las máquinas se precisará su disposición en planta, la que a su vez permitirá dimensionar las necesidades de espacio físico para su normal operación.
3. **Estudio legal:** verifica si existen algunas restricciones de carácter legal que impedirían su funcionamiento en los términos que se pudiera haber previsto, no haciendo recomendable su ejecución, como por ejemplo: limitaciones en cuanto a su localización o el uso del producto (regido por las normas de calidad respectivas).
4. **Estudio de gestión:** es el que normalmente recibe menos atención a pesar de que muchos proyectos fracasan por falta de capacidad administrativa para emprenderlo.
5. **Estudio de impacto ambiental:** se deben incluir no solo por la conciencia creciente que la comunidad ha ido adquiriendo en torno a la calidad de vida presente y futura, sino que también por los efectos económicos que introduce en un proyecto ya que la necesidad de cumplir con normas impuestas a este respecto como para prevenir futuros impactos negativos derivados de una eventual compensación del daño causado por una inversión.
6. **Estudio financiero:** este mide la rentabilidad que retorna la inversión, todo medido en bases monetarias y verificar si existen incongruencias que permitan apreciar la falta de capacidad de gestión. Puede clasificarse según corresponda en terrenos, obras físicas, equipamiento de fábrica y oficinas, capital de trabajo, puesta en marcha y otros (Sapag , 2003).

El análisis completo de un proyecto requiere, por lo menos, de la realización de cuatro estudios complementarios: de mercado, técnico, organizacional-administrativo y financiero. Mientras los tres primeros fundamentalmente proporcionan información económica de costos y beneficios, el último además de generar información construye los flujos de caja y evalúa el proyecto. La definición del tamaño del proyecto es fundamental para la determinación de las inversiones y costos que se derivan del estudio técnico.

El análisis económico a realizar para la ubicación de instalaciones industriales conlleva el análisis del punto de equilibrio, el cual es una representación gráfica o algebraica de las relaciones entre volumen, costo e ingresos de una organización a medida que se aumentan los costos y los ingresos (López, 2005).

## **I. Infraestructura que requiere una planta**

Las plantas procesadoras requieren de servicios auxiliares para la operación, entre otros, los más importantes son: energía eléctrica, agua, combustibles, teléfono, recolección de desechos, drenajes, vías de acceso, bomberos y seguridad.

El común denominador en la determinación del tamaño de una planta pequeña es la flexibilidad y adaptabilidad en el diseño inicial, de manera que pueda hacerse frente a las condiciones fluctuantes del mercado y de los procesos de producción. Un factor importante para definir el tamaño de la planta es el relativo a la inversión inicial prevista. Para una microempresa/artesanal se estima un área de 200 m<sup>2</sup>. En el caso de una pequeña empresa se estima un área de 1,200 m<sup>2</sup>.

La inversión inicial, incluye los conceptos de terreno y la construcción e instalación de servicios. Dentro del rubro de inversión no se considera el capital de trabajo necesario, que dependerá del nivel de operaciones previsto para la empresa. Es necesario evaluar las opciones de arrendar o comprar desde el punto de vista financiero. Para ello es conveniente verificar el valor actual de comprar frente al valor de arrendamiento. Para este análisis se tomarán en consideración los pagos involucrados en cada una de las opciones, la vida útil de las instalaciones y el costo de oportunidad del capital. La decisión de rentar o comprar podrá variar de acuerdo con el giro y las instalaciones involucradas.

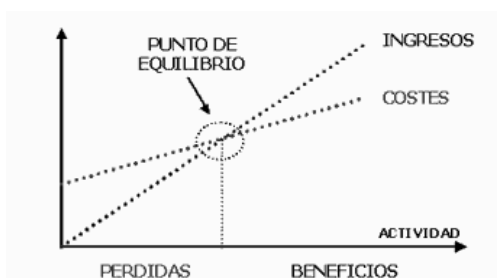
Los costos, en general, pueden dividirse en dos categorías: fijos y variables. Los costos, son aquellos en los que se incurre independientemente del volumen de producción. Estos incluyen la calefacción, la iluminación y los gastos de administración que son iguales aunque se fabriquen una o mil unidades. Los costos variables, son aquellos que varían en forma proporcional con el volumen de producción.

El punto de equilibrio es aquel nivel de actividad en el que la empresa consigue cubrir la totalidad de sus costes, tanto fijos como variables, obteniendo un beneficio cero. Por debajo de dicho punto la empresa genera pérdidas, por encima, la empresa se sitúa en beneficios. La fórmula que permite calcular dicho punto de equilibrio es:

$$PE = (\text{Costes Fijos} \times \text{Ventas Totales}) / \text{Margen de Contribución Total}$$

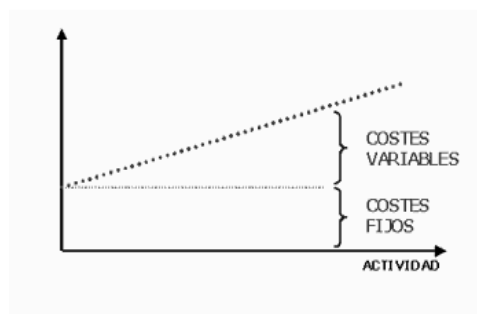
$$\text{Margen de contribución total: Ventas totales} - \text{Costo total variable}$$

### PUNTO DE EQUILIBRIO



La línea de coste representada en la grafica es la suma de los costes fijos y de los costes variables (López, 2005)

### ESTRUCTURA DE COSTES



### J. Tiempo de recuperación de la inversión

El periodo de recuperación de la inversión es otro índice utilizado para medir la viabilidad de un proyecto, que ha venido en cuestionamiento o en baja. La medición y análisis de este le puede dar a las empresas el punto de partida para cambiar sus estrategias de inversión frente al VAN y a la TIR.

El método periodo de recuperación basa sus fundamentos en la cantidad de tiempo que debe utilizarse, para recuperar la inversión, sin tener en cuenta los intereses. Es decir, que si un proyecto tiene un costo total y por su implementación se espera obtener un ingreso futuro, en cuanto tiempo se recuperará la inversión inicial.

### K. Planeación de la distribución de la planta

La manufactura intermitente es la conversación con características de producción de bajo volumen de productos, con equipo de uso generalmente, operaciones de mano de obra intensiva, flujo de productos interrumpido, cambios frecuentes en el programa, una gran mezcla de productos así como productos hechos a la medida.

Las operaciones de producción continua, se caracterizan por un alto volumen de producción por equipos de uso especializado, por operaciones de capital intensivo, por una mezcla de productos restringida y por productos estandarizados para la formación de inventarios. Las distribuciones de planta orientadas al proceso son adecuadas para operaciones intermitentes cuando los flujos de trabajo no están normalizados para todas las unidades de producción. En este tipo de distribución los centros o departamentos de trabajo involucrados en el proceso de planta se agrupan por el tipo de función a realizan.

La distribución de planta orientada al producto se adopta cuando se fabrica un producto estandarizado, por lo común en gran volumen. Cada una de las unidades en producción requiere de la misma secuencia de operaciones de principio a fin. Las distribuciones de la planta por componente fijo se requieren cuando a causa del tamaño, conformación o cualquier otra característica no es posible desplazar el producto.

En una distribución de planta fija el producto no cambia de lugar, herramientas, equipo y fuerza de trabajo se llevan hasta el según, se requiere a fin de ejecutar etapas apropiadas de elaboración progresista. Comúnmente no existen las distribuciones de planta pura y se tiene que adoptar una distribución de planta combinada. Esto es lo más usual en el caso de procesos y productos (López, 2005).

### **L. Distribución de planta orientada al proceso**

En una instalación orientada al proceso, se fabrican productos diversificados, los trabajos fluyen en diversos esquemas de jornada y es preciso manejar una cantidad relativamente grande de materiales. Todos estos movimientos cuestan dinero. Personas y equipos deben estar disponibles y hay que contar con un espacio para almacenar el producto mientras se encuentre en estos centros de trabajo. El modelo cuantitativo mas usado para la distribución de planta orientada al proceso procura reducir al mínimo el movimiento total considerando no solo la cantidad de movimientos interdepartamentales de un producto, sino también las distancias sobre las cuales se realizan los movimientos (López, 2005).

### **M. Distribución física orientada al producto.**

Las organizaciones que fabrican grandes volúmenes de un solo producto pueden obtener beneficios económicos con una distribución física orientada al producto (línea de ensamble). El problema fundamental de la planeación de la distribución física para las líneas de ensamble es encontrar el número de estaciones de trabajo (trabajadores) y las actividades a ser realizadas en cada estación, de manera que se pueda alcanzar el nivel deseado de producción. Todo esto debe llevarse a cabo de tal manera que los recursos que se emplean como insumos sean minimizados (López, 2005).

## **N. Maquinaria y equipo**

Una de las primeras decisiones al elegir el equipo, se relaciona con el grado de flexibilidad o adaptación deseada. Las máquinas y herramientas se pueden clasificar como de propósito general y de propósito especial. Las máquinas de propósito general son las más flexibles y constituyen la mayoría de las máquinas y herramientas que se utilizan en la actualidad.

En contraste, las máquinas de propósito especial están diseñadas para efectuar un solo trabajo. Tales máquinas tienen, por lo general, la ventaja de efectuar operaciones específicas, de manera más rápida y a mayor escala que las máquinas de propósito general. Sin embargo, se caracterizan por su falta de flexibilidad ya que un cambio en el diseño del producto puede requerir su acoplamiento, desecho o cambio total. Con relación al equipo específico para el giro, a continuación se realiza una descripción del mismo para cada una de las etapas del flujo de producción. La pequeña empresa utiliza un mayor equipamiento en número y capacidad productiva con relación a la microempresa (Sapag, 2005).

### III. JUSTIFICACIÓN

El frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*) es una leguminosa usada con gran frecuencia como abono. Su valor como tal, ha sido comprobado como restaurador del suelo lo que proporciona efectos positivos para la producción de maíz con alto contenido en almidón y como cultivo forrajero para el ganado. Sin embargo, su uso para consumo humano no ha sido aplicado, debido a la toxina L-Dopa presente en el grano.

El almidón presente en los granos de frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*), se encuentra combinado con gluten, una proteína amorfa, responsable de la elasticidad de la masa de harina, la fermentación y la consistencia esponjosa de los panes. Esta proteína, causa en algunas personas predisposiciones y alergias ya que daña la mucosa del intestino delgado, impidiendo una digestión normal. Tras eliminar el gluten de la dieta, el intestino vuelve a funcionar con normalidad.

Los individuos que presentan esta predisposición (celiacos) ven restringida la selección de alimentos habituales debido al uso frecuente de la harina de trigo, almidones y del propio gluten, en la elaboración de productos de consumo general, por lo que la elaboración de productos libres de gluten y de toxinas son requeridos con mayor frecuencia para la satisfacción de este tipo de consumidores.

## IV. OBJETIVOS

### A. General

1. Diseñar una planta industrial para la producción de almidón a partir de frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*) y utilizarlo como material prima en la fabricación de alimentos libre de toxinas (L-Dopa) y de gluten.

### B. Específicos

1. Eliminar toxina L-Dopa en granos de frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*).
2. Extraer almidón, utilizando los cotiledones del frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*) a nivel de laboratorio.
3. Eliminar gluten del almidón extraído.
4. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del almidón extraído.
5. Evaluar la funcionalidad del almidón libre de gluten en la preparación de alimentos, como pan francés o tallarines.
6. Determinar el tamaño de la planta industrial.
7. Elaborar el estudio técnico de la planta industrial.
8. Elaborar el estudio económico de la planta industria.

## **V. PROBLEMA A RESOLVER**

Las harinas de almidón que se utilizan en panadería y en la elaboración de pastas para consumo humano, se presentan combinadas con gluten lo cual provoca en las personas, predisposiciones y alergias, por lo que la elaboración de estos productos, extrayendo el gluten y la toxina L-Dopa del almidón, obtenido de los cotiledones del frijol Terciopelo (*Mucuna, spp*), por la minimización del tamaño de la partícula, permitirá la satisfacción a la población que presenta esta predisposición.

## VI. METODOLOGÍA

### A. Procedimiento general

1. Caracterización del grano: el cotiledón del frijol se caracteriza con base en los siguientes parámetros:

Humedad	(Método AOAC:1984)
Grasa	(Método AOAC:1984)
Proteína	(Método AOAC:1984)
Fibra Cruda	(Método AOAC:1984)
Cenizas	(Método AOAC:1984)
L-Dopa	(Método Daxenbichler:1972)

2. Extracción de almidón

- a. Los cotiledones serán remojados en agua por 12-14 horas a un pH de 6.4 a 6.8.
- b. El líquido de remojo es decantado y los cotiledones son molidos en una licuadora con agua destilada a baja velocidad por 3 minutos.
- c. La suspensión luego se filtra secuencialmente a través de cedazo calibre 60 y 200. La suspensión que pasa por el cedazo calibre 200 se deja en reposo por 4-6 horas para luego separar el líquido del sedimento.
- d. El sedimento se deshidratara en una secadora con aire caliente.

3. Evaluación del almidón : el almidón obtenido se analizará con base a los siguientes parámetros:

Humedad	(Método AOAC:1984)
Grasa	(Método AOAC:1984)
Proteína	(Método AOAC:1984)
Fibra cruda	(Método AOAC:1984)
Cenizas	(Método AOAC:1984)
Amilasa	(Método AOAC:1984)
Fósforo	(Método AOAC:1984)
Expansión y solubilidad	(Método Guiska Reinhard y Khan:1994)
L-Dopa	(Método Daxenbichler:1972)
Trazas de alcohol	(Método AOAC:1984)

#### 4. Preparación de tallarines a partir de almidón extraído

- a. Se utilizara 95 % del almidón seco crudo mezclado con 5 % de almidón cocinado para así preparar una masa. El almidón cocido se preparara calentando el almidón seco y agua en la relación 1:7 (masa/volumen) por 5 minutos en un baño a 95 °C.
- b. Luego este material y el almidón seco se mezclan en un mezclador mecánico por 5 min.
- c. La masa, con 50 % de humedad se pasa por un extrusor para preparar los tallarines.
- d. Estos serán sumergidos por 30 segundos en agua hirviendo y luego se enfriaran en agua a 15 °C o 20 °C por 3 minutos.
- e. Los tallarines se separan y se ponen a secar a temperatura ambiente por un día.
- f. Luego se pueden almacenar en bolsa de polietileno.

#### 5. Diseño de planta industrial

- a. Balance de masa
- b. Balance de energía
- c. Tamaño de planta industrial
- d. Dimensionamiento de equipo (sugerido)

#### 6. Elaboración de estudio

- a. Técnico para planta industrial
- b. Económico para planta industrial

### **B. Método de Análisis Químico (AOAC:1984)**

#### 1. Humedad

- a. Se pesan 2 gramos de muestra y se colocan en recipientes previamente pesados.
- b. Se introducen en un horno al vacío por 16 horas.
- c. Se pesa nuevamente la muestra y la diferencia de pesos se convierte en porcentaje de humedad.

#### 2. Grasas

- a. Se pesan 10 gramos de muestra y se envuelven bien en Kimwipes.
- b. Se coloca en el tubo del equipo de Soxhlet.
- c. Se pesa el balón vacío y ya armado el equipo, se destila durante 10 horas.
- d. Al terminar , se coloca el balón en el horno, por una a 70 °C.

### 3. Proteína

- a. Se pesa 0.1 gramos de muestra y se colocan en un tubo de digestión.
- b. Se le agrega 0.1 gramos de oxido mercúrico, 1.5 gramos de sulfato de sodio y 3 ml de acido sulfúrico.
- c. Se coloca en el equipo de digestión durante 45 minutos y luego se deja enfriar.
- d. Se agregan aproximadamente 200 ml de agua y se colocan en el matraz del sistema de destilación.
- e. Se le agrega también 5 ml de NaOH por cada ml de acido.
- f. Se recibe el destilado en un vaso de precipitar conteniendo 75 ml de acido bórico al 4 % y unas gotas del indicador rojo de metilo.
- g. Se destila hasta que el destilado no de alcalinidad.
- h. El destilado se titula con una solución de 0.1N de HCl.
- i. El porcentaje de proteína se calcula con la siguiente formula:

$$\% \text{ de proteína} = \frac{\text{ml HCl} \times 0.1 \times 0.014 \times 6.25 \times 100}{\text{Gramos de muestra}}$$

### 4. Fibra

- a. Se pesa 1.0 gramos de muestra desgrasada y se colocan en un vaso de precipitar para digestión.
- b. Se le agrega 200 ml de una solución de acido sulfúrico al 1.25 %.
- c. Se coloca para digestión por 30 minutos hasta ebullición.
- d. Luego de 30 minutos en ebullición, se retira para filtración.

### 5. L-Dopa (**Método Daxenbichler: 1972**)

- a. Se pesa 0.25 g de muestra seca y se coloca en un tubo de centrifuga.
- b. Agregar 4 mL de HCl 0.1M, tapar y agitar.
- c. Calentar el tubo de ensayo por 5 minutos en agua en ebullición.
- d. Después de 5 minutos retirar el tubo de centrifuga hasta que se enfríe.
- e. Agregar 4 mL de alcohol etílico al 50 % y agitar.
- f. Centrifugar por 10 minutos a 6000 rpm.
- g. Filtrar el contenido del tubo de centrifuga, recibiendo el filtrado en un balón para aforar 25 mL.
- h. Lavar el tubo de centrífuga 2 ó tres veces y que el lavado sea parte del solvente para aforar.
- i. Aforar la solución a 25 mL de volumen.
- j. Hacer una curva de calibración de L-Dopa leyendo en un espectrofotómetro a 283  $\lambda$ .
- k. Leer en espectrofotómetro a 283  $\lambda$  el blanco y la muestra.

## 6. Fósforo

- a. Preparar una curva de calibrado según el procedimiento indicado al final de este apartado.  
Pesar una cantidad de muestra que contenga entre 2.5 y 10 miligramos de fósforo en un crisol de cenizas.
- b. Mezclar con una cantidad aproximada de 1 gramo de carbonato de calcio y hacer cenizas a 550°C.
- c. Pasar las cenizas a un vaso de 100 ml con 10 ml de agua, lavando el crisol con ácido clorhídrico concentrado, hasta que no haga efervescencia y añadir 10 ml más de ácido (en vitrina extractora)
- d. Evaporar hasta sequedad, mediante calefacción a ebullición suave (en vitrina extractora!).
- e. Enfriar y disolver el residuo con 10 ml de ácido nítrico aproximadamente del 10 %, preparado con 1 parte de nítrico concentrado y 5 ó 6 de agua; calentar unos 5 minutos, llevando a ebullición, pero sin llegar a sequedad (vitrina extractora!).
- f. Añadir agua destilada y filtrar sobre matraz aforado de 250 ml, lavando el residuo con agua destilada; enrasar y homogeneizar.
- g. Transferir 10 ml de la disolución anterior a un tubo de ensayo de 30 ml con boca esmerilada y añadir 10 ml del reactivo de nitromolibdovanadato.
- h. Mezclar y dejar reposar 10 minutos. Proceder análogamente con un blanco formado por 10 ml de agua destilada y 10 ml del reactivo.
- i. Leer la absorbancia a 430 nm, calibrando el 100 % de transmitancia (absorbancia 0), con el blanco. Determinar la concentración correspondiente con la curva de calibrado.

## 7. Amilasa

- a. Rotación óptica total: 2,5 g de muestra mola y tamizada (0,5 mm mesh) se agitan en un matraz aforado de 100 ml con 25 ml de HCl, exactamente al 1.128 % p/v (10 ml = 30,94 ml NaOH N/ 10 con rojo de metilo) hasta completa homogeneización.
- b. Después de agregar otros 25 ml del HCl, se sumerge en un baño de agua hirviente, agitando al comienzo fuertemente dentro del baño para evitar aglomeración.
- c. Después de exactamente 15 minutos se saca el matraz, se agregan 30 ml de agua y se enfría de inmediato a 20 °C. Se agregan 5 ml de reactivo Carrez I (acetato de zinc cristalino 1 M – 21.9 %, adicionado de 3 ml de ácido acético glacial ).

- d. La determinación de azúcares reductores: se agita 1 minuto y luego, 5 ml de Carrez II (ferrocianuro de potasio cristalino 0.25 M - 10,6 %). Se vuelve a agitar 1 minuto, se completan 100 mL con agua, se mezcla y se filtra.
- e. Se mide la rotación total "P" en grados polarimétricos, en un tubo de 200 mm. Si el filtrado no es bien límpido se repite el análisis con 10 ml de cada R. de Carrez. Si la muestra contiene más de 6 % de carbonatos (como CaCO<sub>3</sub>) deben destruirse previamente con la cantidad exacta de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluido.

Para el calculo, el % de almidón =  $2000(P-P') / \alpha D$

Siendo  $\alpha D$  el poder rotatorio específico a 20 °C del almidón puro, para el cual se aplican los siguientes valores: almidón de trigo: 182.7; de maíz: 184,6; de arroz: 185.9; de papa: 195.; de cebada: 181.5 .de avena: 181,3, y de otros almidones o mezclas: 184.0.

#### 8. Trazas de alcohol

- a. Se añaden 10 ml de alcohol etílico de 95 % a 10 ml de agua contenidos en un tubo de ensayos.
- b. Se satura la solución con carbonato de potasio y se observa el resultado.
- c. Des pues se determina, aproximadamente, la cantidad en peso de alcohol *n*-butílico, alcohol *sec*- butílico y alcohol *ter*-butílico que pueden disolverse en 5 ml de agua, anotándose todas las observaciones y resultados

#### **Test de Lucas.**

- a. Reactivo. El reactivo formado por HCl y ZnCl<sub>2</sub> se llama reactivo de Lucas. Los alcoholes secundarios y terciarios reaccionan generalmente con el reactivo de Lucas por un mecanismo SN<sub>1</sub>.
- b. Preparación. Disolver 68 g (0,5 ml) de cloruro de zinc anhidro en 52,5 g de ácido clorhídrico concentrado, enfriando para evitar pérdidas del ácido.
- c. Técnica. Colocar 1 ml del alcohol en un tubo de ensayos y agregar 6 ml de reactivo de Lucas.
- d. Tapar y dejar reposar durante 5 minutos.

Prueba de Lucas. El reactivo de Lucas reacciona con los alcoholes primarios, secundarios y terciarios con velocidades bastante predecibles, y dichas velocidades se pueden emplear para

distinguir entre los tres tipos de alcoholes. Cuando se agrega el reactivo al alcohol, la mezcla forma

una fase homogénea. La solución concentrada de ácido clorhídrico es muy polar, y el complejo polar alcohol-zinc se disuelve. Una vez que ha reaccionado el alcohol para formar el halogenuro de alquilo, el halogenuro no polar se separa en una segunda fase.

La prueba de Lucas implica la adición del reactivo de Lucas a un alcohol desconocido para observar si se separa de la mezcla de reacción una segunda fase. Los alcoholes terciarios reaccionan casi instantáneamente, porque forman carbocationes terciarios relativamente estables. Los alcoholes secundarios tardan más tiempo, entre 5 y 20 minutos, porque los carbocationes terciarios son menos estables que los secundarios. Los alcoholes primarios reaccionan muy lentamente. Como no pueden formar carbocationes, el alcohol primario activado permanece en solución hasta que es atacado por el ión cloruro. Con un alcohol primario, la reacción puede tomar desde treinta minutos hasta varios días.

### **Oxidación de los alcoholes**

- Con permanganato a distintos valores de pH. Se han desarrollado muchos métodos para la oxidación de alcoholes. Por ejemplo, con frecuencia se emplea el permanganato de potasio como alternativa más económica en comparación con los oxidantes de cromo. El permanganato oxida a los alcoholes secundarios llegando a la cetona, los alcoholes primarios a ácidos carboxílicos. Las oxidaciones con permanganato se deben controlar con cuidado, porque de otra manera el oxidante fuerte romperá los enlaces carbono-carbono.
- Comparación entre los alcoholes primarios, secundarios y terciarios. Los alcoholes secundarios se oxidan fácilmente para dar rendimientos excelentes de cetonas. El reactivo ácido crómico constituye el procedimiento más eficiente para oxidar alcoholes secundarios en el laboratorio. El ácido crómico se prepara disolviendo bicromato de sodio en una mezcla de ácido sulfúrico y agua. La especie activa en la mezcla probablemente sea el ácido crómico, o bien el ión cromato ácido. se lograría el mismo resultado con trióxido de cromo en solución diluída de ácido sulfúrico.

## VII. RESULTADOS

### A. Procedimiento general

1. Caracterización del grano. Se realizó una caracterización físico-química del grano de frijol Terciopelo (*Mucuna, spp*), por medio de un análisis proximal., para establecer el contenido nutricional de la muestra (materia prima) previo a la molienda. Los resultados del análisis se presentan en el cuadro No. 4. Cada análisis fue realizado en triplicado para obtener mayor precisión y exactitud en el análisis cuantitativo (ver Apéndice A, pág. 44). Los resultados del análisis proximal se presentan con su respectiva desviación estándar.

**Cuadro No. 4 Caracterización del grano de frijol Terciopelo entero (*Mucuna, spp*)**

ANÁLISIS	MUESTRA DE GRANO
Humedad	7,29 % ± 0,26 %
Cenizas	4,24 % ± 0,086 %
Proteínas	27, 4 % ± 0,01 %
Grasas	1,84 % ± 0,11 %
Fibra cruda	4,26 % ± 0,38 %
L-Dopa extraído	36,24 µg/mL ± 1,22 µg/mL

2. Extracción y caracterización del almidón. Para extraer el almidón del grano de frijol Terciopelo (*Mucuna, spp*), fue necesario procesar el grano a molienda en seco. Este tratamiento provoco diferencias en la composición entre la harina y el grano debido, a la acción bioquímica y a la acción física de la molienda, ya que al aumentar el refinamiento de la harina aumento la variación en la composición química. Normalmente una harina blanca estándar suele tener un 70 % de grado de extracción, las grasas, cenizas pueden reducirse hasta un 40 %, las proteínas no solo puede disminuir su contenido sino también su calidad, las vitaminas también sufren variaciones en función del grado de extracción.

Para establecer las propiedades físico-químicas del almidón sin gluten extraído, se realizo el análisis proximal igual que al grano de frijol entero. Estas características se presentan en el cuadro No. 5. Al igual que con el grano entero, el análisis proximal se realizo en triplicado presentando su respectiva desviación estándar. (ver Apéndice B, pág. 45 )

A pesar que algunas de las propiedades físico-químicas del grano de frijol Terciopelo, se redujeron al disminuir el tamaño de la partícula, tres de las propiedades resultaron beneficiadas, la primera fue la extracción de la toxina L-Dopa, ya que esta disminuyó de 36,24 µg/mL a 18,55 µg/mL, que es aproximadamente un 51.1 % mayor que de la extracción con grano entero .

La segunda fue el porcentaje de extracción de almidón del grano entero, ya que al procesar el grano entero se obtuvo un 25 % de almidón como producto final y al reducir el tamaño de la partícula se obtuvo de un 45 % a 50 % de almidón y la tercera en la reducción del porcentaje de proteína de un 27.4 % a un 9.20 % como se muestra en el cuadro No. 6 (ver Apéndice B y C, págs. 45 y 46)

**Cuadro. 5 Caracterización físico-química de almidón extraído sin gluten**

ANÁLISIS	MUESTRA DE ALMIDÓN
Humedad	5,37 % ± 0,57 %
Cenizas	0,086 % ± 0,027 %
Proteínas	9,20 % ± 0,01 %
Grasas	1,47 % ± 0,23 %
Fibra Cruda	3,97 % ± 0,63 %
L-Dopa extraído	18,55 µg/mL ± 0,056 µg/mL
Amilasa	5,05 % ± 0,01 %

**Cuadro No. 6 Rendimiento de almidón y proteína extraído reduciendo el tamaño de la partícula**

Apariencia física de materia prima	Grano entero	Polvo con gluten
Proteína presente	27.4 %	9.20 %
Porcentaje de almidón extraído	25.0 %	45 %-50 %

En cuanto a las propiedades de gelatinización, solubilidad, poder de expansión y de formación de pasta, los resultados se encuentran resumidos en el cuadro No. 7.

**Cuadro No. 7 Comparación en tiempo de propiedades generales del almidón extraído para 100. g/ 150 ml solvente**

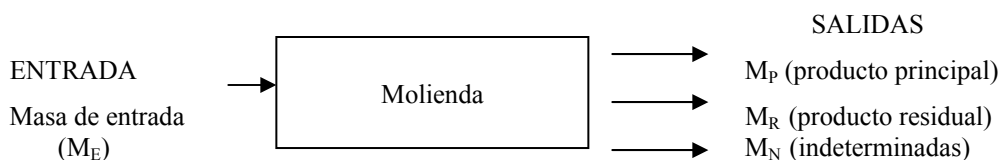
Propiedad	Almidón de papa	Almidón de yuca	Almidón extraído frijol terciopelo ( <i>Mucuna, spp</i> )
Solubilidad	4 min.	4 min.	4 min.
Gelatinización	6 min.	6 min.	3 min
Poder de expansión	1 cm. /1 min	1 cm. / 1 min	1 cm / 3 min
Formación de pasta	9 min.	9 min.	5 min.

4. Preparación de tallarines a partir de almidón extraído. La pasta formada con el almidón libre de gluten se utilizó para preparar tallarines y compararlos con los tallarines comerciales. La apariencia física de los tallarines preparados con el almidón extraído fue más compacta y algo incolora. Al cocer los tallarines la apariencia de estos era mas firme que las pastas comerciales. No fue posible realizar un análisis biológico de los productos elaborados con el almidón extraído ni el análisis sensorial respectivo. Estos dos tipos de análisis son necesarios para determinar la formulación adecuada para consumo humano y la presentación que el consumidor prefiere por sus cualidades de color, olor y sabor. Para un estudio más profundo se recomienda como parámetros de comparación los productos elaborados con almidón de frijol Mongo, ya que estos tienen la apariencia deseada.

5. Diseño de la planta. Se diseñó primeramente, el proceso de extracción del almidón de los cotiledones del frijol Terciopelo (*Mucuna, spp*), el cual se presenta en un diagrama de bloque (ver Apéndice E, pág. 49). El diagrama de flujo explica las entradas y salidas de masa en el proceso.

#### Balance de masa

El balance de masa para el proceso se realizó para un 1.0 kg de materia prima.

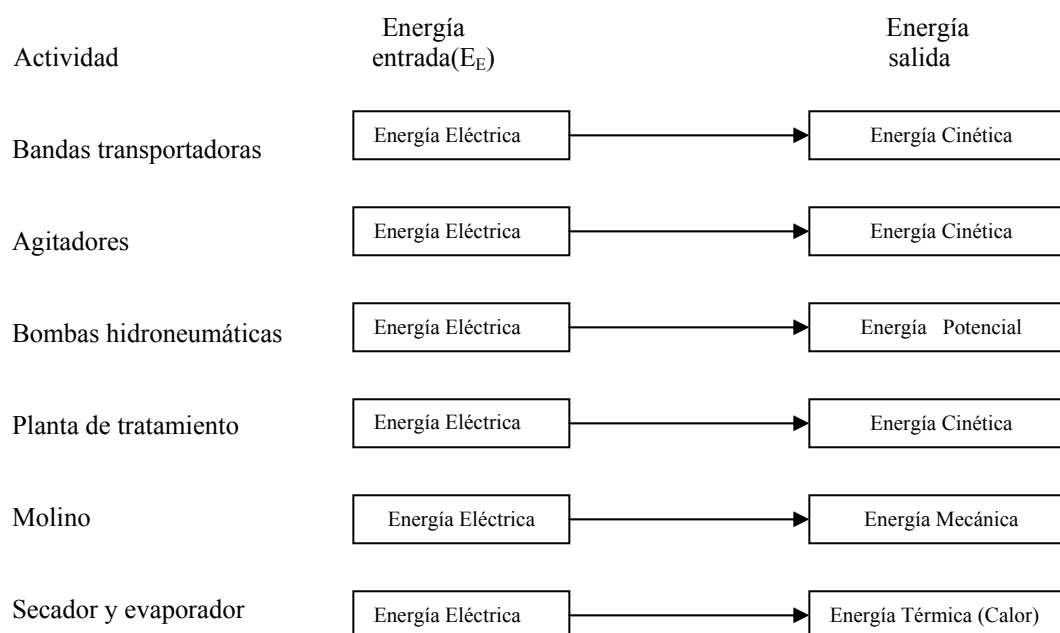


**Cuadro No. 8 Balance de masa para 1 kg de materia prima.**

Descripción	(kg)
Masa inicial 100 % ( $M_E$ )	1.0
Masa de toxina L-Dopa 5 % ( $M_N$ )	0.05
Masa de vagazo 29.5 % ( $M_R$ )	0.295
Masa de proteína (gluten) precipitada 15.5 % ( $M_N$ )	0.155
Masa final 45 %- 50 % ( $M_P$ )	0.50

## Balance de energía

Transformación de la energía en el proceso de extracción.

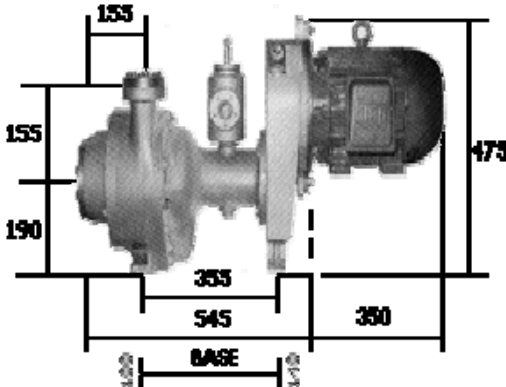
**Cuadro No. 9 Balance de energía para el proceso de extracción de almidón**

Energía útil	Energía en kW/h
Bandas transportadoras	0.0248
Agitadores	40.284
Bombas hidroneumáticas	22.38
Planta de tratamiento	1.8546
Molino	66
Secador	14
Evaporador	2.258


La energía útil en kW/h para el proceso es de 145.80 kW el costo del kW/h para la industria establecido es de Q 0.13 (ver Apéndice F, pág. 50) el monto anual de la energía útil para el proceso es de Q 7,050.88. Debe entenderse que esta cantidad puede variar dependiendo de la demanda que el producto tenga por parte del consumidor. A este costo se debe agregar el costo de energía eléctrica, de sistemas de ventilación y de distribución utilizadas el cual asciende a 132 kW/h a la misma tarifa Q 0.13 entonces el monto es de Q 6,383.52. La mayor cantidad de energía residual se pierde en forma de calor durante los procesos de molienda, secado y evaporación, la cual no es necesario calcular ya que solo se esta estimando la energía útil durante el proceso.

Equipo y maquinaria. El equipo y maquinaria sugeridos para la planta industrial se listan a continuación con sus respectivas especificaciones.

**Cuadro No. 10 Especificaciones para equipo hidroneumático**

 <p><b>Ilustración No. 1</b></p>	<b>Equipo</b>	<b>Especificaciones</b>
	Descripción	<b>Bombas hidroneumática resistente a corrosión</b>
	Marca	Sta-Rite
	Serie	HN serie
	Modelo	HNE-L
	Motor	C48L2EC11C3
	Potencia	0.746 kW (1 hp)
	Voltaje (Rango)	115-230V
	Corriente	19.9-9.95 A
	Velocidad	3450 rpm
	Frecuencia	60Hz
	T max. Operación	50 °C
	Rango de operación	$2.08 \times 10^4$ - $3.47 \times 10^4$ kg/m <sup>2</sup> (30-50 psi)
	Presión de apagado	$4.65 \times 10^4$ kg/m <sup>2</sup> ( 67 psi) 26
	Accesorios	Tubería y accesorios de PVC de 0.0190m (3/4")y 0.0254m (1") y 0.0317m (1 1/4"). Manómetro de presión, Flipón eléctrico y guarda nivel.

**Cuadro No. 11Especificaciones para depósitos para almacenamiento de agua**

 <p><b>Ilustracion No. 2</b></p>		<b>Tinaco para almacenamiento de agua , con capa exterior negra, impide el paso de la luz, evitando el desarrollo de microorganismos</b>
	Descripción	
	Marca	Rotoplas
	Máxima capacidad	2500L (2.5 m <sup>3</sup> )
	Peso de agua	2692 kg
	Torque max. de tapadera	44.72 kg/m ( 30 lb/ft)
Accesorios	Multiconector reforzado, flotador No. 5. Válvula de llenado de 0.0190m (3/4"). Válvula de esfera de 0.0127m (1/2"). Tubería y accesorios de PVC de 0.0190m (3/4"). Interruptor de flote.	


Cuadro No. 12 Especificaciones para bomba de planta de tratamiento de agua

 <p><b>Ilustración No. 3</b></p>	Descripción	<b>Bomba para planta de tratamiento de agua</b>
	Marca	Sta-Rite
	Serie	PD
	Modelo	PD2HF-L
	Motor	C48L2EC11B1
	Potencia	1.119 kW (1.5 hp)
	Voltaje (Rango)	115-230V
	Corriente	19.9-9.95 A
	Velocidad	3450 rpm
	Frecuencia	60Hz
	T max. Operación	50 °C
	Rango de operación	$6.93 \times 10^4$ - $2.77 \times 10^4$ kg/m <sup>2</sup> (10-40 psi)
	Presión de apagado	$4.65 \times 10^4$ kg/m <sup>2</sup> (67 psi)
	Accesorios	Tubería y accesorios de PVC de 0.0127m (1/2") y 0.0254m (3/4") y 1 1/2"(0.0317m), 2"(0.0508 m). Manómetro de presión, Flipon eléctrico y guarda nivel.


Cuadro No. 13 Especificaciones para filtro

 <p><b>Ilustración No. 4</b></p>	Descripción	<b>Filtro giratorio</b>
	Alto	1.40 m
	Diámetro	0.20m
	Marca	Pammixi
	Material de la Carcasa	Fibra de vidrio reforzada (RFG) inerte. Recubrimiento interior de resina de poliéster.
	Producción	15.12-22.69 L/min (4-6 gal/min)
	Presión de trabajo	$1.39 \times 10^4$ - $2.77 \times 10^4$ kg/m <sup>2</sup> (20-40psi)
	Suministro (Resina)	El lecho filtrante esta constituido por un colchón de gravas clasificadas y una carga de $0.021 \text{ kg/m}^2$ ( $3/4$ " ft <sup>3</sup> )
	Accesorios	válvulas y accesorios de PVC, de 0.0127m (1/2") de diámetro. Manómetro de 0 a $6.94 \times 10^4$ kg/m <sup>2</sup> 0-100 psi
	otros	Malla de acero inoxidable tamaño de poro 50 y 200 para evitar el paso de vagazo


**Cuadro No. 14 Especificaciones para tanques de mezcla**

 <p><b>Ilustración No. 5</b></p>	Descripción	<b>Tanque mezclador</b>
	Marca	Indeco
	Material de la Carcasa	Acero Inoxidable 304
	Capacidad	1550L (1.55m <sup>3</sup> )
	Dimensiones	1.18 m X 1.32 m
	Modelo	SST-400
	otros	Válvula e drenado de 0.0508 m (2")

**Cuadro No. 15 Especificaciones para agitador portátil**

 <p><b>Ilustración No. 6</b></p>	Descripción	<b>Agitador portátil con brazo ajustable</b>
	Marca	Indeco
	Material	Acero Inoxidable 304
	Tipo	GA-Air
	Dimensiones	Relación de mezcla 4:01
	Velocidad de rodete	70-700 rpm
	Potencia	1.119 kW (1.5 hp)
	Dimensiones del eje	0.0222m X 1.16 m (7/8" X 46")
	Rodete tipo hélice	Dos de 0.0508 m (12")

**Cuadro No. 16 Especificaciones para equipo de molienda**

 <p><b>Ilustración No. 7</b></p>	Descripción	Molino de discos
	Ancho	0.45 m
	Largo	0.53 m
	Altura	0.53 m
	Producción	50-70 kg/h
	peso	24 kgs
	motor	0.372 kWh (1/2 hp) monofasico

**Cuadro No. 17 Especificaciones para columnas de planta de tratamiento de agua****Ilustración No. 8**

Descripción	Columnas de planta de tratamiento
Alto	1.40 m
Diámetro	0.20m
Marca	Pammixi
Material de la Carcasa	Fibra de vidrio reforzada (RFG) inerte. Recubrimiento interior de resina de poliéster.
Producción	15.12-22.69 L/min (4-6 gal/min)
Presión de trabajo	$1.39 \times 10^4$ - $2.77 \times 10^4$ kg/m <sup>2</sup> (20-40psi)
Suministro (Resina)	El lecho filtrante esta constituido por un colchón de gravas clasificadas y una carga de 0.021kg/m <sup>2</sup> (3/4 " ft <sup>3</sup> )
Accesorios	6 válvulas y accesorios de PVC, de 0.0127 m (1/2") de diámetro. Manómetro de 0 a $6.94 \times 10^4$ kg/m <sup>2</sup> (0-100 psi)
otros	Malla de acero inoxidable tamaño de poro 50 y 200 para evitar el paso de vagazo

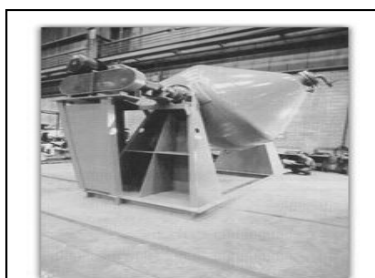
**Cuadro No. 18 Especificaciones para equipo de llenado****Ilustración No. 9**

Descripción	Equipo de llenado
Modelo	LC-07585-40
Dimensiones	0.62m X 35.4 m X 26.8 m
Capacidad de flujo	0.30-45 L/min
rpm	12-350
Control externo de salida	0/20 mA, 4/20mA
Voltaje	90-130 V
Frecuencia	50-60 Hz
Potencia	0.373 kW (1/2 hp)
T operación	0 - 40 °C
Accesorios	Tubería B/T 92 de TYGON LFL Control de transmisión (controlador de flujo y dispensación)

**Cuadro No. 19 Especificaciones para banda transportadora****Ilustración No. 10**

Descripción	Banda transportadora (caucho)
Marca	Gilmore Kramer
Modelo	SB
Dimensiones de banda	Largo 4.57 m Ancho 0.609 m
Velocidad	0.33 m/s(19.82 m/min)
Potencia	0.373 kW (1/2 hp)
Voltaje(Rango)	230-460 V
Frecuencia	60 Hz

### Cuadro No. 20 Especificaciones para secado



**Ilustración No. 11**

Combina la eficiencia de doble cono con la resistencia a la corrosión del acero vidriado. Utilizados para mezclar y secar compuestos farmacéuticos intermedios y de alta pureza en forma rápida y eficaz. Estos equipos son de fácil limpieza y están disponibles en capacidades e 4 a 7.22 m<sup>3</sup>. Eléctrico de 3.1kW.

### Cuadro No. 21 Especificaciones para evaporación



**Ilustración No. 12**

Diseñados para destilar a vacío materiales sensibles al calor, altamente viscosos o con baja conductividad térmica. Se emplean en plantas de procesamiento de alimentos, de productos químicos, farmacéuticos y plásticos.

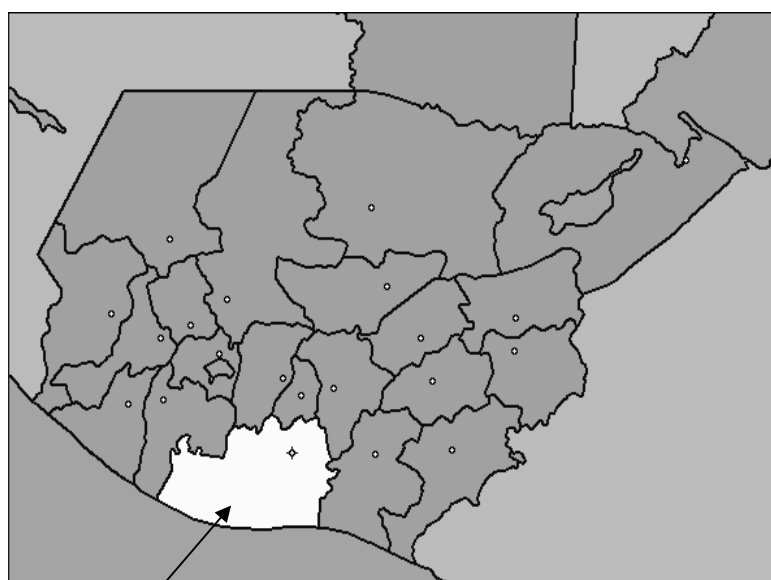
Pueden manejar viscosidades de hasta 200000 Cp. Los tamaños varían de 0.11 a 21.46 m<sup>2</sup> (1.2 a 231 pies<sup>2</sup>) de superficie de transferencia de calor y se pueden obtener presiones de operación de hasta 10 micras de Hg absoluta. Potencia máxima de 1.5 kWh. Eléctrico.

## 6. Elaboración de estudios.

### a. Estudio técnico. Análisis de mercado.

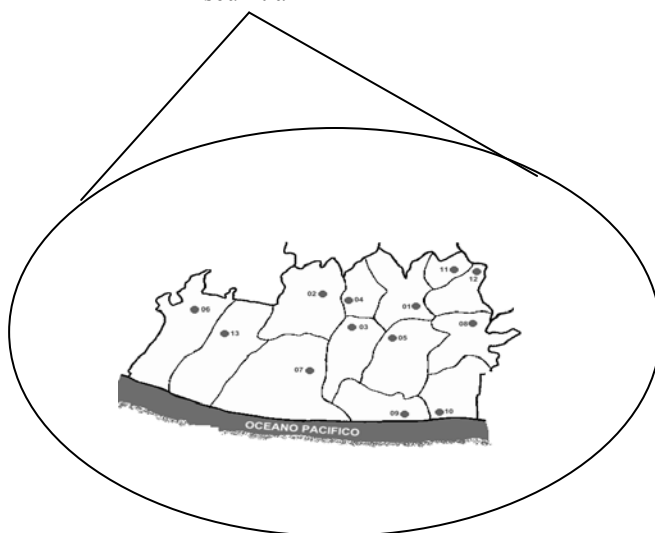
El porcentaje de individuos que presentan posible predisposición (3 %): 345,000 individuos (ver Apéndice D, pág. 47). Se asume que un 10 % de este mercado consumirán el producto en cuestión teniendo una población de 34,500 individuos y que cada individuo consume un pan diario de 40.0 g durante un mes, se estima que la masa de materia prima a procesar será de 42,780.00 kg /mes (943 quintales /mes). (Ver Apéndice D, pág. 47). Debe entenderse que durante el primer año, por ser un producto nuevo, posiblemente no se procesen los 42,780.00 kg/mes sino un 50 % de la masa total de materia prima, este porcentaje se incrementara a medida que la demanda del consumir se aumente.

**Localización macro de planta.** Para la localización de la planta se aplicó el método cualitativo por puntos ya que este tipo de análisis combina factores subjetivos asignándoles valores ponderados de peso relativo, en cambio con el método cualitativo de puntos sólo se definen los factores determinantes de una localización de acuerdo con la importancia que se le atribuye de 0-10. Este método sugiere que la localización de la Planta Industrial debe ser ubicada en el Departamento de Escuintla ya que obtuvo una ponderación de 7 con respecto a las otras localidades posibles. (ver Apéndice C, pág. 46)



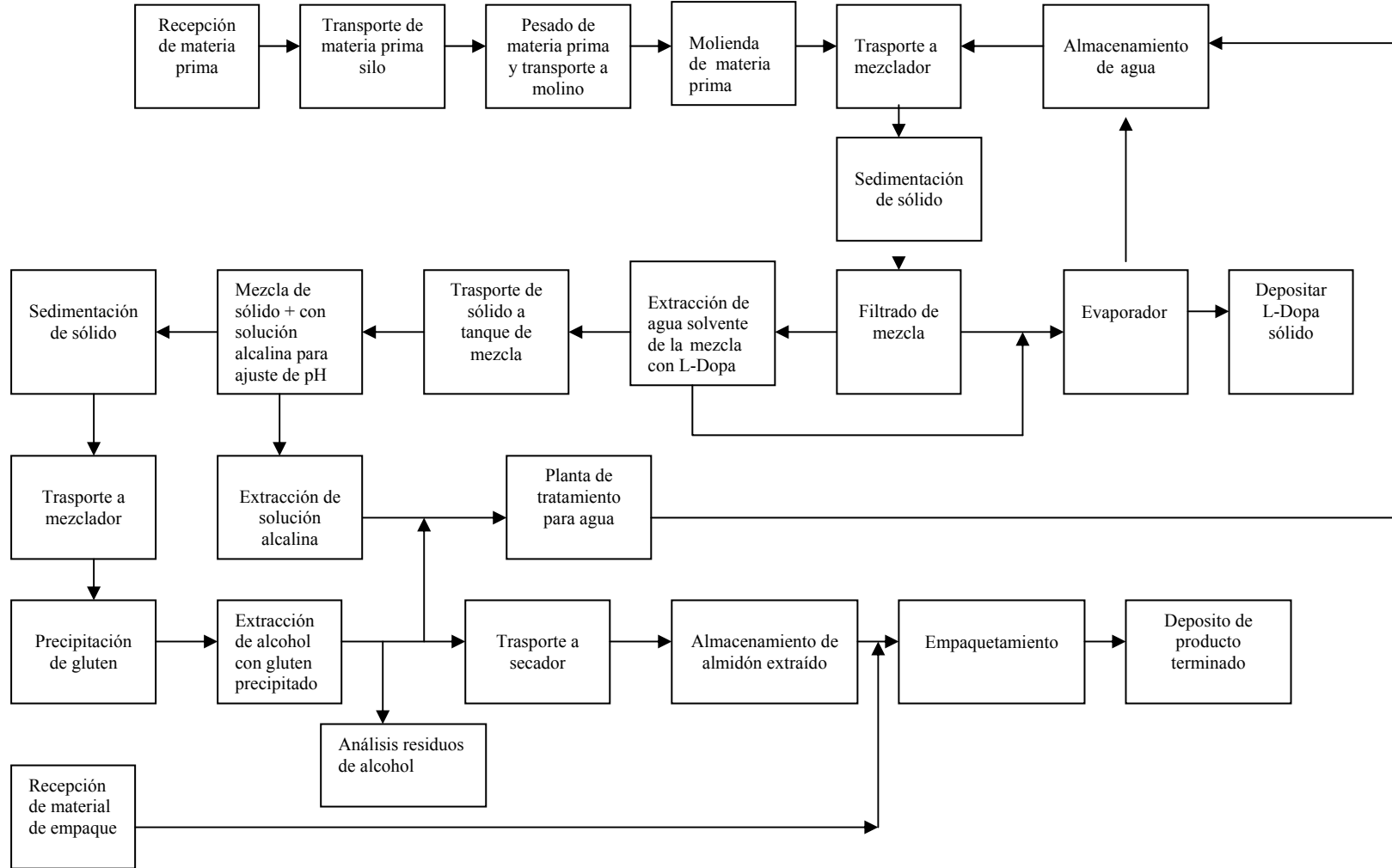
[www.visitinglatinamerica.com](http://www.visitinglatinamerica.com)

Escuintla

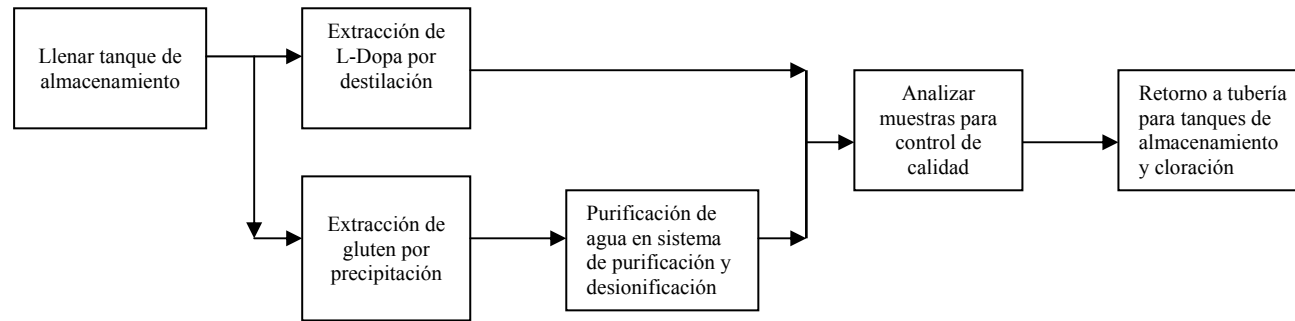


El Departamento de Escuintla se encuentra situado en la región V o región Central, su cabecera departamental es Escuintla, limita al Norte con los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez y Guatemala; al Sur con el Océano Pacífico; al Este con Santa Rosa; y al Oeste con Suchitepéquez. Se ubica en la latitud  $14^{\circ} 18' 03''$  y longitud  $90^{\circ} 47' 08''$ , y cuenta con una extensión territorial de 4,384 kilómetros cuadrados. El monumento de elevación se encuentra en la cabecera departamental, a una altura de 346.91 metros sobre el nivel del mar por lo que generalmente su clima es cálido en casi todo su territorio. Esta cabecera se encuentra a una distancia de 58 kilómetros de la ciudad capital.

# 1. Diagrama de bloques para proceso de extracción de almidón

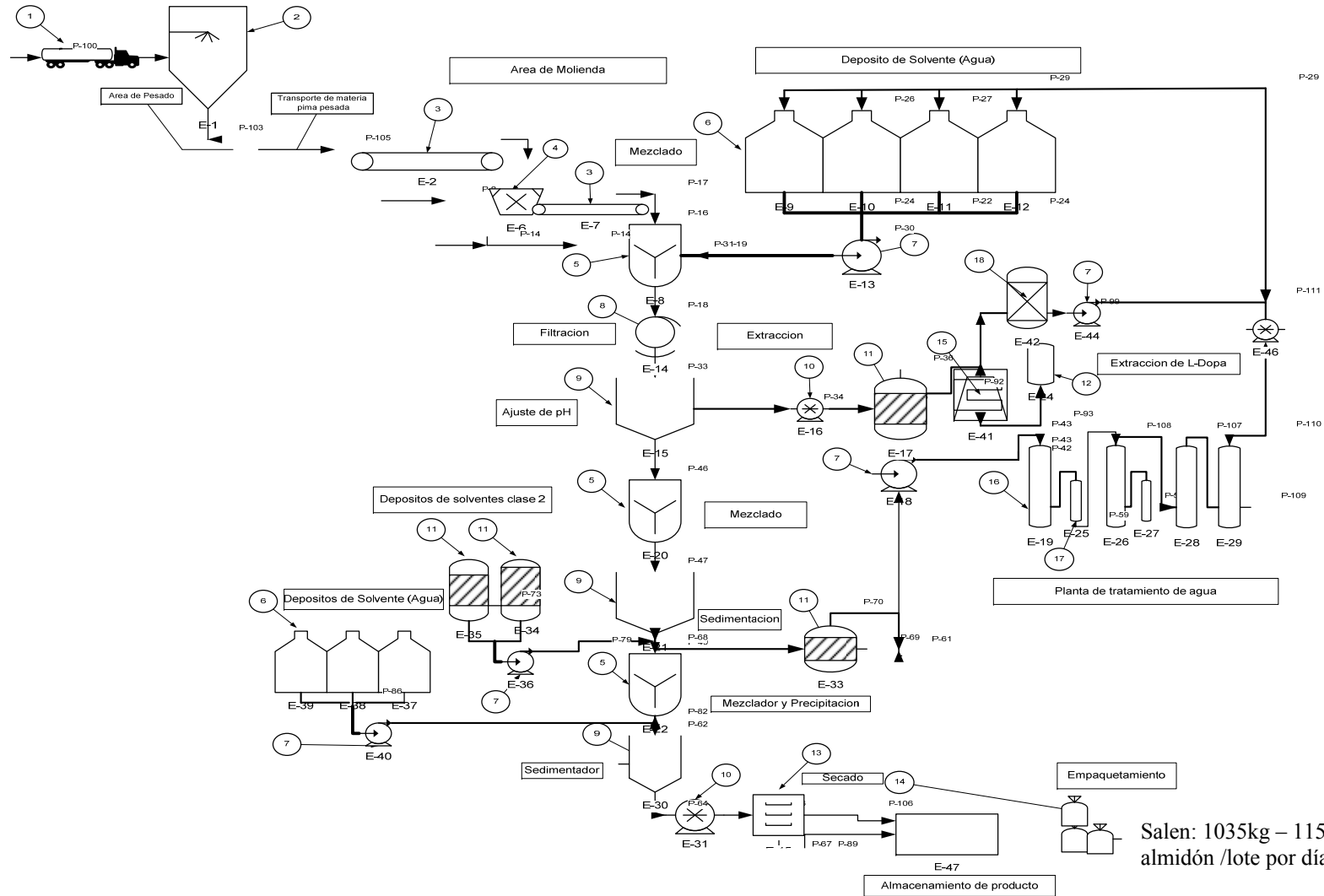


## 2. Diagrama de bloque para tratamiento de agua.

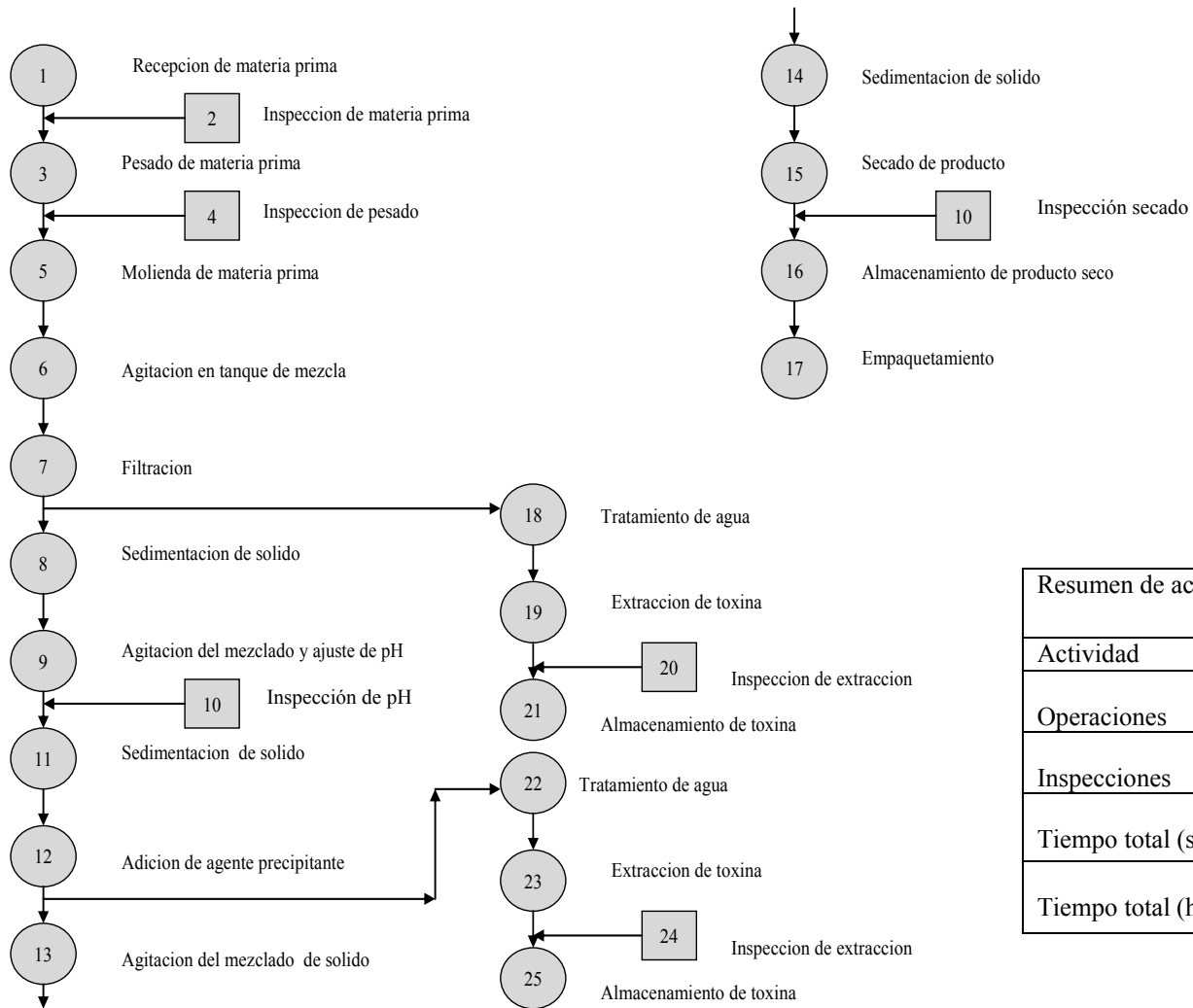


### 3. Diseño de flujo de extracción de almidón

Entran: 2300 kg materia prima/lote por día



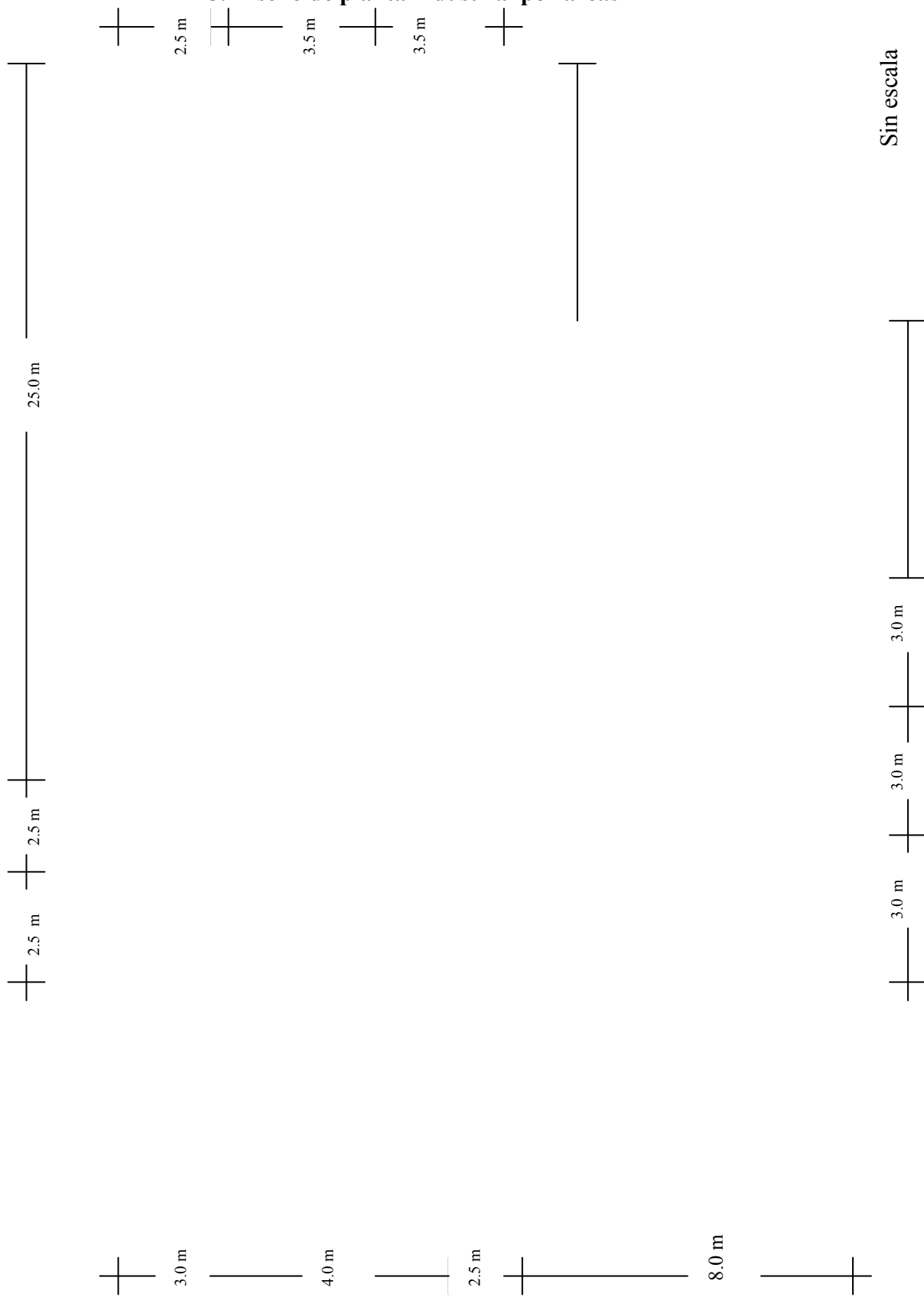
#### 4. Diagrama de operaciones para extracción de almidón sin gluten



Resumen de actividades para elaboración de 1 lote de producto			
Actividad		No	Tiempo (s)
Operaciones	○	21	70365
Inspecciones	□	6	1800
Tiempo total (s)			71165
Tiempo total (h)			19.76



### 5. Diseño de planta industrial por áreas



**b. Análisis económico.** Para el análisis económico se realizó un inventario del mobiliario necesario en las distintas áreas de la planta, los costos de materia prima, sueldos tanto de operarios como a nivel administrativo. Las siguientes tablas resumen los costos variables y fijos así como la inversión inicial.

**Cuadro No. 22 Costos variables anuales**

Descripción	Mensuales (Q)	Anuales (Q)
Sueldo operarios	16,691.70	200,300.40
Material de empaque	10,947.28	131,367.36
Materia prima	898,380.00	10,780,560.00
Energía	13,434.40	16,121.28
<b>Total</b>	<b>939,453.38</b>	<b>11,273,440.56</b>

**Cuadro No. 23 Costos fijos anuales**

Costos fijos	Mensual (Q)	Anuales (Q)
Sueldo Administración	37,106.90	445,282.80
Mantenimiento	2,362.16	28,345.92
Alquiler	35,000.00	420,000.00
<b>Total</b>	<b>74,469.06</b>	<b>873,628.72</b>

**Cuadro No. 24 Monto para inversión inicial**

Descripción	Cantidad (Q)
Maquinaria	1,685,832.96
Equipo de oficinas	541,531.00
Obra civil	45,500.00
Gastos de organización	175,300.00
<b>Total</b>	<b>2,448,163.96</b>

**Cuadro No. 25 Flujo de caja proyectado a 10 años**

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Saldo inicial											
<b>Ingresos</b>											
Ventas de producto principal(harina)		Q15.667.747,20	Q16.764.489,50	Q17.938.003,77	Q19.193.664,03	Q20.537.220,52	Q21.974.825,95	Q23.513.063,77	Q25.158.978,23	Q26.920.106,71	Q28.804.514,18
Inversión inicial (aporte de accionista)	Q1.430.000,00										
<b>Egresos</b>											
Costos variables totales (producción)		Q13.458.801,26	Q14.400.917,35	Q15.408.981,57	Q16.487.610,28	Q17.641.743,00	Q18.876.665,01	Q20.198.031,56	Q21.611.893,77	Q23.124.726,33	Q24.743.457,17
Gastos de venta y administración		Q473.628,72	Q506.782,73	Q542.257,52	Q580.215,55	Q620.830,64	Q664.288,78	Q710.789,00	Q760.544,23	Q813.782,32	Q870.747,08
Gastos de organización	Q175.300,00	Q154.080,00	Q164.865,60	Q176.406,19	Q188.754,63	Q201.967,45	Q216.105,17	Q231.232,53	Q247.418,81	Q264.738,13	Q283.269,80
Adquisición de mobiliario y equipo	Q2.227.363,96										
Obra civil( acondicionamiento instalaciones)	Q45.500,00										
Alquiler		Q420.000,00	Q420.000,00	Q420.000,00	Q420.000,00	Q420.000,00	Q420.000,00	Q420.000,00	Q420.000,00	Q420.000,00	Q420.000,00
Depreciaciones		Q271.277,05	Q272.512,08	Q271.956,32	Q271.511,71	Q271.156,64	Q1.137,77	Q1.011,18	Q1.011,18	Q1.011,18	Q1.517,53
Interés sobre préstamo		Q170.000,00	Q102.000,00	Q17.000,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00
Total gastos de operación	Q2.448.163,96	Q14.947.787,04	Q15.867.077,76	Q16.836.601,60	Q17.948.092,16	Q19.155.697,72	Q20.178.196,73	Q21.561.064,27	Q23.040.867,98	Q24.624.257,96	Q26.318.991,58
Utilidad antes de impuesto(PERDIDA)		Q719.960,16	Q897.411,74	Q1.101.402,17	Q1.245.571,87	Q1.381.522,79	Q1.796.629,22	Q1.951.999,50	Q2.118.110,25	Q2.295.848,75	Q2.485.522,60
Menos impuesto sobre renta		Q122.393,23	Q152.560,00	Q187.238,37	Q211.747,22	Q234.858,87	Q305.426,97	Q331.839,92	Q360.078,74	Q390.294,29	Q422.538,84
Utilidad neta (perdida) después de impuesto		Q597.566,93	Q744.851,74	Q914.163,80	Q1.033.824,65	Q1.146.663,92	Q1.491.202,25	Q1.620.159,59	Q1.758.031,51	Q1.905.554,46	Q2.062.983,75
<b>Impuesto</b>											
Depreciaciones y amortizaciones		Q271.277,05	Q272.512,08	Q271.956,32	Q271.511,71	Q271.156,64	Q1.137,77	Q1.011,18	Q1.011,18	Q1.011,18	Q1.517,53
Préstamo 17%	Q1.000.000,00										
Amortización de deuda		Q400.000,00	Q500.000,00	Q100.000,00							
<b>Flujo de fondo</b>	<b>-Q17.663,96</b>	<b>Q468.843,99</b>	<b>Q517.363,82</b>	<b>Q1.086.120,12</b>	<b>Q1.305.336,36</b>	<b>Q1.417.820,56</b>	<b>Q1.492.340,02</b>	<b>Q1.621.170,77</b>	<b>Q1.759.042,69</b>	<b>Q1.906.565,64</b>	<b>Q2.064.501,28</b>

### Cuadro No.26 Cálculo del VAN y TIR para evaluación del proyecto

FC = flujo de caja o de fondo  
 r = tasa  
 FCd = flujo de caja con descuento  
 n = numero de año

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial	Q1.430.000,00										
Flujo de caja	-Q17.663,96	Q468.843,99	Q517.363,82	Q1.086.120,12	Q1.305.336,36	Q1.417.820,56	Q1.492.340,02	Q1.621.170,77	Q1.759.042,69	Q1.906.565,64	Q2.064.501,28
r	22 %	22 %	22 %	22 %	22 %	22 %	22 %	22 %	22 %	22 %	22 %
(1+r) <sup>n</sup>	1	1,22	1,49	1,82	2,22	2,7	3,29	4,02	4,9	5,99	7,3
1/(1+r) <sup>n</sup>	1	0,8196	0,6718	0,55	0,451	0,37	0,3032	0,249	0,204	0,167	0,1369
FCd	-Q 17,663..96	Q 384,,264.53	Q 347,565.02	Q 597,366.07	Q 588,706.70	Q 524,593.61	Q 452,477..50	Q 403,671.52	Q 358,844.71	Q 318,396.46	Q 282.630.23
<b>VAN</b>	<b>Q 2.,917.05</b>										
<b>TIR</b>	<b>29.7 %</b>										

Las tasas de interés que ofrecen a sus clientes el Banco de Guatemala es de 22 %, cuando se trata de producción y servicios, y 24 % cuando se trata de comercio.

Como se puede observar el valor del VAN Q 2,917.05 que es mayor que 0 (valor actual neto) por lo cual la inversión en el proyecto es favorable. Esta decisión se ve apoyada por el valor del TIR que es de un 29.7 % > 0

### Determinación del punto de equilibrio

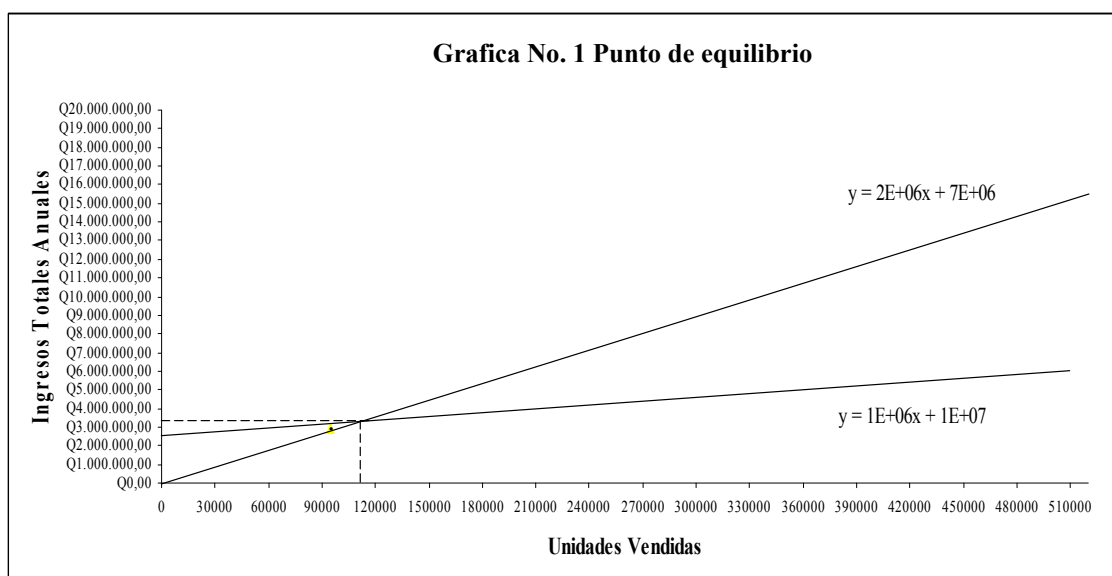
**Cuadro No. 27 Costos anuales de la planta**

Costos fijos	Q	<b>873,628.72</b>
Costos variables	Q	<b>11,273,440.56</b>
Ventas	Q	<b>15,667,747.20</b>

PE = costos fijos totales / contribución marginal

PE = Q 873,628.72 / 9.18

PE = **95,116.52 unidades mínimas a vender**



### Determinación del Tiempo de Retorno de Inversión

año	Flujo anual (Q)	Flujo acumulado (Q)
0	(17.668,96)	
1	468.843,99	468.843,99
2	517.363,82	986.207,81
3	1.086.120,12	2.072.327,93
4	1.305.336,36	3.377.664,30
5	1.417.820,56	4.795.484,85
6	1.492.340,02	
7	1.621.170,77	
8	1.759.042,69	
9	1.906.565,64	
10	2.064.501,28	

El retorno de la inversión se estimó por interpolación utilizando la ecuación  $y = 1E+06x - 973316$  (ver Apéndice I pág. 62)

x = número de años  
y = la inversión inicial

$$x = (1,430,000.00 + 973316) / 1000000$$

$$x = 2.4 \text{ años}$$

## VIII.DISCUSIÓN

Debido a que la mayoría de la población en Guatemala consume productos elaborados con almidones (harina enteras) y un buen porcentaje de ésta, presenta intolerancia a las proteínas que contienen estos almidones, surgió la idea de elaborar productos con almidones libres de éstas proteínas. Para obtener de estas se realizaron pruebas fisico-químicas a varias muestras, entre las cuales se encontraba el frijol Terciopelo (*Mucuna spp*).

Al comparar los resultados de las pruebas aplicadas a las diferentes muestras, se seleccionó el frijol Terciopelo (*Mucuna, spp*) como materia prima. El frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*), presentó cuatro aspectos importantes, que en conjunto dieron sentido al diseño de una planta industrial para la extracción de almidón sin proteína (gluten). El primero de estos aspectos es, la característica de crecimiento relativamente rápido (90 días), el segundo, es el clima en el que se lleva a cabo la siembra y cosecha del grano que es caluroso-húmedo, abundante en la Costa Sur de Guatemala, el tercero, la siembra del grano se realiza una sola vez, evitando incurrir en gasto en cada cosecha y el cuarto es el alto contenido de almidón en el cotiledón del frijol. Para determinar cada uno de estos aspectos, fue necesario recopilar información bibliográfica, hacer pruebas de laboratorio y en planta piloto.

Con respecto a la recopilación bibliográfica, trabajos de investigación previos, soportan, el hecho de que este tipo de cultivo es de crecimiento rápido con respecto a otros, como los tubérculos: yuca y papa, que tienen también un alto contenido de almidón. Además de que este grano tiene un alto contenido de almidón, también tiene presente la toxina utilizada en Química Farmacéuticos, conocida como L-Dopa, la cual debe ser extraída primeramente del grano para dejar libre de impurezas el almidón contenido en el cotiledón.

Para el segundo aspecto, ya que la cosecha de la materia prima se ve favorecida por el clima caluroso-húmedo, fue necesario determinar las regiones adecuadas para localizar la planta de extracción, para lo cual se utilizó el método cualitativo de puntos, el cual toma en cuenta aspectos generales como el flete para transporte, alquiler, disponibilidad y cercanía de mercado, proveeduría de materia prima y clima de la región. Otros aspectos como apertura de fuentes de trabajo, tráfico vehicular en la región, contaminación de efluentes e impactos en la región, son recopilados por medio de un Estudio de Impacto Ambiental.

El tercero, la siembra se hace una sola vez, ya que las vainas del frijol no revientan, dejando caer granos al suelo, los cuales tiene ya el suelo preparado (nitrogenado) para una nueva germinación. Esta preparación de la tierra es una de las características de las leguminosas que aprovechan los agricultores, ya que ésta se abona en forma natural.

Para lograr determinar el cuarto aspecto, se diseñó un proceso de extracción utilizando la característica de solubilidad del almidón y la toxina L-Dopa. El proceso se realizó de dos formas la primera, utilizando la materia prima húmeda y el proceso de molienda, los resultados obtenidos para este proceso fueron muy bajo con respecto a la extracción tanto de la toxina L-Dopa como de almidón, esto se debió a que el vagazo del frijol contenía grandes cantidades de almidón y de L-Dopa los cuales no se solubilizaron, en el solvente, los resultados se puede ver en cuadro No.4 ,5 y cuadro No.6 del capítulo VII (pags. 22 y 23).

No teniendo resultados satisfactorios, se rediseñó el proceso de extracción inicial, siendo esta la segunda forma, sometiendo el grano de frijol a molienda en seco para reducir el tamaño de la partícula y permitir que el almidón tuviera mayor contacto superficial con el solvente. Esta reducción produjo resultados satisfactorios con respecto a la extracción del almidón y del L-Dopa, los resultados pueden verse en el cuadro No. 5 y 6 de la página 23.

Establecido el proceso de extracción, se sugirió el equipo a utilizar para la extracción a nivel industrial, utilizando como base, la cantidad de producto final a producir por mes, esta dependerá de la demanda del consumidor. La demanda del consumidor, se determinó utilizando los datos provistos por un censo poblacional de Guatemala y se asumió que el 10 % de esta población presentaría características favorables para el consumo del producto a extraer. Las especificaciones del equipo se encuentran en los cuadros No. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,18,19,20 y 21 (pags de la 26-30, del Cap. VII). Uno de los equipos sugeridos, es una planta de tratamiento de agua, debido a que la extracción del almidón y de L-Dopa, requiere de gran cantidad y calidad de este solvente, además de que el costo de producir este tipo de agua es menor que comprarla a un proveedor. Esta planta de tratamiento, incluye columnas de arena, de carbón, de intercambio iónico, bomba hidroneumática y tubería de PVC adecuadas para bombear agua hasta los tanques.

Una vez determinado el equipo, a utilizarse a nivel industrial y su dimensionamiento fue necesario determinar la viabilidad del proyecto, para lo cual se realizó un análisis económico. Los resultados de este análisis presentaron una tasa interna de retorno del 29.7 %, un valor actual neto del proyecto de Q 2,917.05 y un periodo de retorno de la inversión de 2.4 años, con utilidades considerable, estos datos pueden verse en los cuadros No. 25, 26 y 27 del Cap. VII.

## IX . CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en la caracterización físico-químicas del frijol Terciopelo (*Mucuna spp.*) fueron determinantes para seleccionarlo como materia prima.
2. El proceso de molienda en seco del grano de frijol, reduciendo el tamaño de la partícula, permitió obtener mayores porcentajes en la extracción de almidón y mayor solubilización de toxina L-Dopa.
3. El método cualitativo de puntos, para la localización de la planta determinó que el lugar más adecuado para la misma es el departamento de Escuintla.
4. El precio establecido para 1 kg de producto terminado es de Q 30.52.
5. Al elaborar el análisis económico para determinar la viabilidad del proyecto se obtuvo un valor actual neto de Q 2,917.05 y una tasa interna de retorno del 29.7 %.
6. El periodo de retorno de la inversión inicial es de 2.4 años.

## **X . RECOMENDACIONES**

1. Realizar análisis de aguas residuales para la eliminación de iones o residuos de toxina, para reutilizar el agua de cada lote de extracción.
2. Dentro del proceso de extracción, se sugiere controlar de manera automática el llenado del tanque de mezcla con agua, con un sensor para determinar los litros por minuto que pasaran por las tuberías.
3. Se recomienda automatizar el proceso de tratamiento de agua en la planta de tratamiento para disminuir el tiempo de proceso, reducir costos hora-hombre y hacer el proceso más higiénico.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Bressani, R., M. Law & M.S. Vargas, 2002. *Protein and cooking analytic and residual content of Dehydroxyphenyl alanine and of trypsin inhibitors of processing Mucuna beans (Mucuna spp.)* Tropical and Subtropical Agroecosystems 1:197-212.
- Büskens Henrich . Editorial Hyspamerica, 1982
- Daxenbichler, M.E., C.H. Van Ehen, F.R. Earle, W.H. Tallent, 1972. *L-Dopa recovery from Mucuna seed*. J. Agr. Food Chem. 20:1046-1048.
- Eilitta M. & L.E Sollenberger 2000. *The many uses of Mucuna: Velvet bean in the Santhern United States in the Early 20<sup>th</sup> Century p. 73-110. In: Food and Feed from Mucuna: Current uses and the way forward*. Proc. Intal. Workshop. Eds. M. Flores, M. Eilitta, R. Myhrman, L.B. Carew and R. J. Carsky. Tegucigalpa, Honduras, April 26-29.
- Siddhuraju, P.K. Becker and H.P.S. Makkar 2000. *Studies on the nutritional composition and antinutritional factors of three different germoplasm seed materials of an under utilized tropical legume, Mucuna pruriens Var. Utilis*. J. Agr. & Food Chem. 48: 6048-6060.
- Sapag Chain, N., Sapag Chain, R. 2003. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. McGraw-Hill. Mexico, D.F. 440 pp.
- Lopez, C. 2005. *Localización y Distribución Industrial*. Guatemala. 89 pags
- Maasdorp, B.V., O. Jiri and M. Tiherton, 2000. *Production and utilization of Mucuna in Zimbabwe, with emphasis on its use as a feed resource, p. 238-257. In: Food and Feed from Mucuna: Current uses and the way forward*. Proc. Intal. Workshop. Eds. M. Flores, M. Eilitta, R. Myhrman, L.B. Carew and R.J. Carsky. Tegucigalpa, Honduras, April 26-29.

## APÉNDICE A

**Cuadro No. 28 Análisis proximal para grano de frijol Terciopelo (*Mucuna, spp*)**

**Humedad**

masa final	masa inicial	% de humedad	% de humedad promedio $\pm$ desviación estándar
1,8651	2,0072	7,07951375	7,29 % $\pm$ 0,26 %
1,8566	2,0009	7,21175471	
1,8547	2,007	7,588440458	

**Cenizas**

masa final	masa inicial	% de cenizas	% de cenizas promedio $\pm$ desviación estándar
0,087	2,0072	4,334396174	4,24 % $\pm$ 0,086 %
0,0842	2,0009	4,208106352	
0,0837	2,007	4,170403587	

**Proteína**

mL de HCl	masa inicial	% de proteína	% de proteína promedio $\pm$ desviación estándar
9	0,2562	2,766393443	2,748 % $\pm$ 0,01 %
9	0,2579	2,748158201	
8,8	0,2539	2,729421032	

**Grasas**

masa final	masa inicial	% de grasa	% de grasa promedio $\pm$ desviación estándar
0,1727	10,0410	1,719948212	1,84 % $\pm$ 0,11 %
0,1956	10,0892	1,938706736	
0,1899	10,1676	1,867697392	

**Fibra cruda**

masa final	masa inicial	% de fibra	% de fibra cruda promedio $\pm$ desviación estándar
0,04701	1,0009	4,696772904	4,26 % $\pm$ 0,38 %
0,0411	1,0078	4,078190117	
0,04	1,0008	3,996802558	

## APÉNDICE B

**Cuadro No. 29 Análisis proximal para almidón extraído**

### Humedad

masa final	masa inicial	% de humedad	% de humedad promedio $\pm$ desviación estándar
1,9415	2,0644	5,953303623	5,37 % $\pm$ 0,57 %
1,9417	2,0514	5,347567515	
1,9192	2,0164	4,820472129	

### Cenizas

masa final	masa inicial	% de cenizas	% de cenizas promedio $\pm$ desviación estándar
0,0014	2,0644	0,067816315	0,086 % $\pm$ 0,027 %
0,0024	2,0514	0,116993273	
0,0015	2,0164	0,074390002	

### Proteína

mL de HCl	masa inicial	% de proteína	% de proteína promedio $\pm$ desviación estándar
0,3	0,2592	0,911458333	9,20 % $\pm$ 0,11 %
0,3	0,2534	0,932320442	
0,3	0,2575	0,917475728	

### Grasas

masa final	masa inicial	% de grasa	% de grasa promedio $\pm$ desviación estándar
0,1425	10,3582	1,37572165	1,21 % $\pm$ 0,16 %
0,1211	10,2541	1,180991018	
0,1125	10,5834	1,06298543	

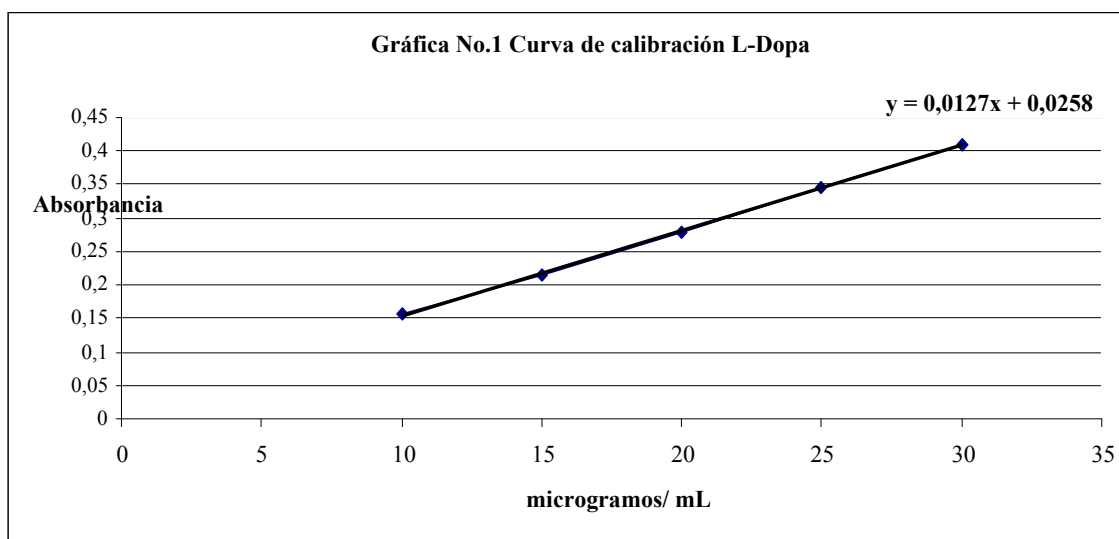
### Fibra cruda

masa final	masa inicial	% de fibra	% de fibra cruda promedio $\pm$ desviación estándar
0,03856	1,1245	3,429079591	3,97 % $\pm$ 0,63 %
0,03454	1,0050	3,43681592	
0,03498	1,0521	3,324779013	

## APÉNDICE C

**Cuadro No. 30 Curva de calibración de toxina L-Dopa**

µg/mL	Absorbancia
10	0,156
15	0,214
20	0,279
25	0,345
30	0,409



**Cuadro No. 31 Resultado de presencia de L-Dopa en grano entero**

No. de Muestra	muestra (g)	µg(L-Dopa)/mL	Absorbancia
1	0,2620	37,10	0,497
2	0,2791	35,37	0,475
promedio ± desviación		<b>36,24 µg/mL ± 1,22 µg/mL</b>	

**Cuadro No. 32 Resultado de Presencia de L-Dopa en almidón sin gluten**

No. de muestra	muestra (g)	µg (L-Dopa)/mL	Absorbancia
1	0,2558	18,34707159	0,2588
2	0,2615	18,75590551	0,2640
promedio ± desviación		<b>18,55 µg/mL ± 0,290 µg/mL</b>	

## APÉNDICE D

### Definición de mercado

**Cuadro No. 33 Censo de la República de Guatemala**

Población de Guatemala	Porcentaje correspondiente (%)	Cantidad de individuos
Total	100	11,500,000.00
niños (0-14)	43	4,945,000.00
adultos (15-64)	54	6,210,000.00

Fuente: <http://www.guiadelmundo.com>

Porcentaje de individuos que presentan posible predisposición (3 %) : 345,000.00 individuos.

Fuente: <http://www.consumaseguridad.com>

### Cálculo para estimar volumen de masa de materia prima inicial

Se asume que un 10 % de la población que posiblemente presenta la alergia consumirá el producto 34,500 individuos. Cada individuo consume 40 g de masa por pan consumido, asumiendo que solo como esta cantidad una vez al día, durante los 31 días del mes, se obtiene:

$$34500 \text{ individuos} \times \frac{40 \text{ g harina}}{1 \text{ día}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{31 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 42,780 \text{ kg de almidón /mes}$$

### Localización de la planta

Datos generales de las zonas propuestas para la ubicación de la planta industrial

**Cuadro No. 34 Características de las zonas elegidas para situar la planta**

	Zona A	Zona B	Zona C
Distancias	12	58 kilómetros	190 kilómetros
Tarifa de fletes por transporte por 45.4 Kg ( 1qq)	Q 1,64	Q 2,75	Q 4,00
tipo de clima	templado	caluroso y húmedo	caluroso y húmedo
extensión territorial	2,253 kilómetros cuadrados	4,384 kilómetros cuadrados.	1856 kilómetros cuadrados
Costo de alquiler de inmueble m2	Q 19.12	Q 34.75	Q 45,90

**Cuadro No. 35 Método cualitativo por puntos para localización de planta industrial.**

	peso	Zona A		Zona B		Zona C	
		Cuidad, km 12 Carretera al Atlántico		Escuintla		Retalhuleu	
		Calificación	Ponderación	Calificación	ponderación	Calificación	Ponderación
Materia prima disponible	0,3	3	0,9	7	2,1	7	2,1
Cercanía de mercado	0,15	5	0,75	8	1,2	5	0,75
Costo de Insumos	0,2	6	1,2	6	1,2	6	1,2
Clima	0,25	3	0,75	8	2	8	2
Mano de obra disponible	0,1	4	0,4	5	0,5	5	0,5
Totales	1		4		7		6,55

**Cuadro No. 36 Comparación de precio de materia prima.**

Descripción	Precio/ 45.4 kg
Precio frijol normal	Q 214.00
Precio frijol Teciopelo( <i>Mucuna, spp</i> )	Q 476.75

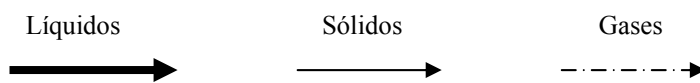
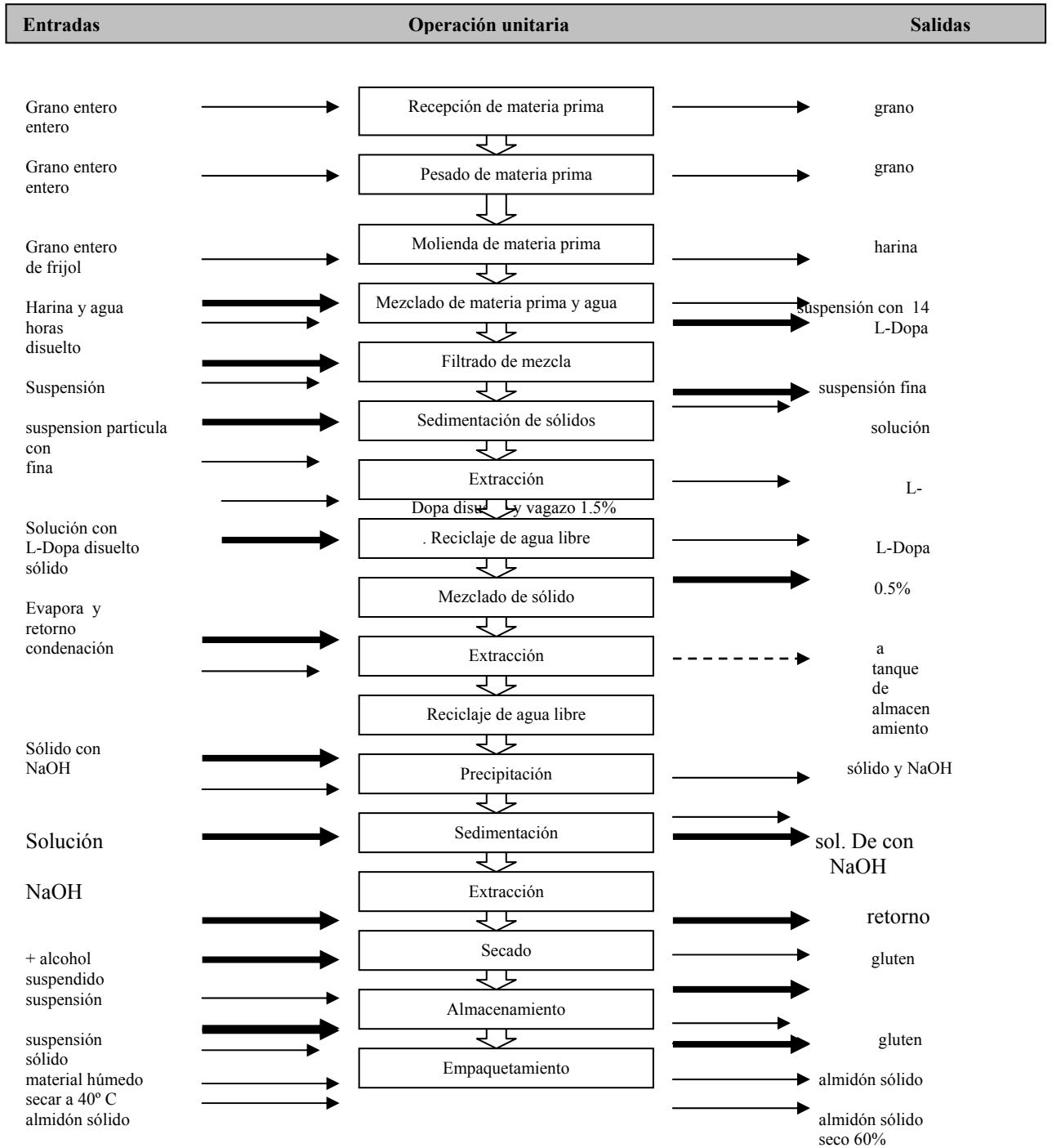
Fuente: <http://www.guatecompras.com.gt>**Cuadro No. 37 Costo de materia prima**

Materia prima para 45.4 kg (1 quintal)			
	Cantidad utilizada	Costo unitario consumo (Q)	Total (Q)
Costos variable materia prima			
Materia prima frijol Teciopelo( <i>Mucuna, spp</i> )(kg)	45,4	476,75	476,75
Agua (L)	1150	0,02	23
Hidróxido de sodio (kg)	0,37833	377	142,63
Alcohol etílico al 70% (L)	15,34	3	46,02
Material de empaque	1	0,781	0,781
Precio de 45.4 kg (1 quintal de producto terminado)			Q 689,18

Costo fijo unitario =  $\frac{\text{costos fijos totales}}{\text{cantidad}}$ Costo fijo unitario =  $\frac{Q 74,469.06}{42780}$ **Costo fijo unitario = Q 1.74**Costos variables unitarios =  $\frac{\text{costos variables totales}}{\text{cantidad}}$ Costos variables unitarios =  $\frac{Q 939,453.38}{42780}$ **Costos variables unitarios = Q 21.96**Costo total unitario =  $\text{costos variables unitarios} + \text{costos fijos unitarios}$ **Costo total unitario = Q 1.74 + Q 21.96****Costo total unitario = Q 23.70**Contribución marginal 45 % =  $\text{Precio de venta} - \text{Costo variable unitario}$ Contribución marginal 45 % =  $Q 30.52 - Q 21.34$ **Contribución marginal = Q 9.18****Precio de venta = Q 9.18 + Q 23.70 = Q 30.52 / kg**

# APÉNDICE E

## 6. Diagrama de bloque para balance de masa



**Cuadro No. 38 Actividades realizadas para la molienda y consumo de energía por proceso**

	Actividades de molienda	Tiempo de proceso (s)	Tiempo de proceso (min)	Tiempo de proceso (h)	Q Precio tarifa industrial kW/h	Energía consumida durante el proceso kW	Joules
1	Recepción de materia prima	180	3	0,05	1	0,05	2,50
2	Transporte de grano a silo	180	3	0,05	1	0,05	2,50
3	Transporte a área de pesado	300	5	0,08	1	0,08	6,94
4	Pesado de materia prima	180	3	0,05	1	0,05	2,50
5	Inspección de pesado	300	5	0,08	1	0,08	6,94
6	Trasporte de materia prima a molino	120	2	0,03	1	0,03	1,11
7	Molienda de materia prima	120	2	0,03	1	0,03	1,11
8	Trasporte de materia prima a tanque de mezcla	120	2	0,03	1	0,03	1,11
9	Suministro de agua a tanque de mezclado	180	3	0,05	1	0,05	2,50
10	Transporte d agua a tanque de mezcla	300	5	0,08	1	0,08	6,94
11	Mezclado de materia prima y agua	43200	720	12,00	1	12,00	144000,00
12	Transporte a filtro	300	5	0,08	1	0,08	6,94
13	Filtrado de mezcla	120	2	0,03	1	0,03	1,11
14	Extracción de solidos en tanque	7200	120	2,00	1	2,00	4000,00
15	Extracción de agua con toxina L-Dopa disuelto	200	3,33	0,06	1	0,06	3,09
16	Trasporte de solucion con L-Dopa a tanque	180	3	0,05	1	0,05	2,50
17	Extracción de toxina L-Dopa disuelto por evaporacion	3600	60	1,00	1	1,00	1000,00
18	Inspeccion de subproducto	300	5	0,08	1	0,08	6,94
19	Reciclaje de agua libre de L-Dopa	3600	60	1,00	1	1,00	1000,00
20	Almacenamiento de L-Dopa	*	*	*	*	*	*
21	Transporte de solido a tanque de mezclado	360	6	0,10	1	0,10	10,00
22	Suministro de solucion de NaOH 0.1M	200	3,33	0,06	1	0,06	3,09
23	Mezclado de solido con solucion NaOH 0.1M	1500	25	0,42	1	0,42	173,61
24	Extracción de solución de NaOH 0.1M	20	0,333	0,01	1	0,01	0,03
25	Trasporte de solución de NaOH a tanque	60	1	0,02	1	0,02	0,28
26	Tratamiento de aguas en planta residuos	2750	45,83	0,76	1	0,76	583,53

7	Trasporte a evaporador	300	5	0,0833	1	0,08	6,94
28	Inspección de agua	300	5	0,08	1	0,08	6,94
29	Reciclaje de agua libre de impurezas	75	1,25	0,02	1	0,02	0,43
30	Trasporte a tanque clarificador	300	5	0,0833	1	0,08	6,94
31	Suministro de solución de alcohol al 70% a tanque	90	1,5	0,03	1	0,03	0,63
32	Precipitación de proteína(gluten)	1800	30	0,50	1	0,50	250,00
33	Sedimentación de sólido en tanque	3600	60	1,00	1	1,00	1000,00
34	Extracción de solución de alcohol	60	1	0,02	1	0,02	0,28
35	Trasporte de liquido con precipitado soluble	300	5	0,0833	1	0,08	6,94
36	Inspección de subproducto	300	5	0,08	1	0,08	6,94
37	Trasporte de material sólido a horno	180	3	0,05	1	0,05	2,50
38	Secado de material sólido	1600	26,6	0,44	1	0,44	197,53
39	Inspección de producto	300	5	0,08	1	0,08	6,94
40	Trasporte a deposito	600	10	0,17	1	0,17	27,78
41	Almacenamiento de de material seco	240	4	0,07	1	0,07	4,44
42	Empaquetamiento	90	1,5	0,03	1	0,03	0,63
43	Almacenamiento de producto terminado	2400	40	0,666			
	<b>Total de tiempo para el proceso</b>	<b>75705</b>	<b>1261,75</b>	<b>21,03</b>	<b>1</b>	<b>21,03</b>	
<b>Total de horas de proceso</b>				<b>21,82</b>			

## APÉNDICE F

**Cuadro No. 39 Tarifas de energía eléctrica (por kWh) vigentes en Centroamérica. –en centavos centroamericanos**

País	Residencial 1/	Comercial		Industrial	
		Menor 2/	Mayor 3/	Menor 4/	Mayor 5/
Guatemala	0.11046	0.09689	0.13522	0.09827	0.13157
El Salvador	0.04536	0.10242	0.10242	0.10242	0.12943
Honduras	0.03528	0.12051	0.12051	0.12051	0.13618
Nicaragua	0.10734	0.14579	0.15814	0.10747	0.17911
Costa Rica	0.07633	0.10843	0.18909	0.10843	0.18624

\*/ Un peso centroamericano = US\$ 1.00.  
 1/ Mínimo de 25 kWh/mes. 2/ Mínimo de 300 kWh/mes. 3/ Mínimo de 25 kWh. 4/ Mínimo de 140 kWh/mes. 5/ Mínimo de 250 kWh/mes  
 Tipos de cambio: Guatemala:Q. 7.76; El Salvador:Cls. 8.79; Honduras:Lps.14.79; Nicaragua:C\$.12.44; Costa Rica: 301.72 x 1US\$.  
 FUENTE: Estimados según información proporcionada por las Empresas Eléctricas de Centroamérica / Consejo de Electrificación de

## APÉNDICE G

**Cuadro No. 40 Costos iniciales de mobiliario para área de materia prima**

Código	Equipo de área de materia prima	Cantidad	Costo por equipo (Q)
AMP-1	Mesa	1	200,00
AMP-2	Silla	2	90,00
AMP-3	Carreta	2	2,000.00
AMP-4	Computadora y periféricos	1	4,000.00
AMP-5	Teléfono	1	120.00
AMP-6	Extintidotes	1	1,400.00
AMP-7	Refrigerador	1	1,200.00
AMP-8	Archivos	2	1,600.00
AMP-9	Estanterías	2	1,400.,00
AMP-10	Bascula	1	5,000.00
	<b>TOTAL ÁREA DE MATERIA PRIMA(AMP)</b>		<b>17,010.00</b>

**Cuadro No. 41 Costos iniciales de mobiliario para área de mantenimiento**

Código	Equipo de área de mantenimiento	Cantidad	Costo por equipo (Q)
AMT-1	Escritorio	1	800.00
AMT-2	Silla	2	90.00
AMT-3	Escaleras	2	480.00
AMT-4	Computadora y periféricos	1	4,000.00
AMT-5	Teléfono	1	120.00
AMT-6	Extintidores	2	1,400.00
AMT-7	Herramientas	1	5,000.00
AMT-8	Archivos	2	1,600.00
AMT-9	Estanterías	2	1,400.00
	<b>TOTAL ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>		<b>14,890.00</b>

**Cuadro No.42 Costos iniciales de mobiliario para área de cafetería**

Código	Equipo de área de cafetería	Cantidad	Costo por equipo (Q)
AC-1	Mesas	2	1.600.00
AC-2	Sillas	10	450.00
AC-3	Microondas	2	960.00
AC-4	Refrigeradora	1	800.00
AC-5	Estufa	1	800.00
AC-6	Extintidores	2	1,400.00
	<b>TOTAL ÁREA DE CAFETERÍA</b>		<b>6,010.00</b>

**Cuadro No.43 Costos iniciales de mobiliario para área de baños**

Código	Equipo de área de baños	Cantidad	Costo por equipo (Q)
AB-1	Casilleros varones	7	3,150.,00
AB-2	Casilleros mujeres	2	690.00
AB-3	Inodoros para varones	2	960.00
AB-4	Duchas	2	400.00
AB-5	Inodoros para mujeres	2	960.00
	<b>TOTAL ÁREA DE BAÑOS</b>		<b>6,160.00</b>

**Cuadro No. 44 Costos iniciales de mobiliario para área de control de calidad**

Código	Equipo de área de control de calidad	Cantidad	Costo por equipo (Q)
ACC-1	Escritorio	1	800.00
ACC-2	Computadora y periféricos	1	345.00
ACC-3	Teléfono	1	480.00
ACC-4	Sillas	2	400.00
ACC-5	Viscosímetro	1	2,000.00
ACC-6	Balanza	1	1,500.00
ACC-7	Potenciómetro	1	700.00
ACC-8	Medidor de Conductividad	1	800.00
ACC-9	Archivos	1	700.00
ACC-10	Extinguidotes	1	700.00
	<b>TOTAL ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD</b>		<b>8,425.00</b>

**Cuadro No. 45 Costos iniciales de mobiliario para área de producto terminado**

Código	Equipo de área de producto terminado	Cantidad	Costo por equipo (Q)
APT-1	Escritorio	1	800.00
APT-2	Sillas	2	160.00
APT-3	Teléfono	1	120.00
APT-4	Escaleras	1	240.00
APT-5	Archivos	1	800.00
APT-6	Carretas	1	1,000.00
APT-7	Computadoras y periféricos	1	4,000.00
APT-8	Estanterías	2	1,400.00
APT-9	Extinguidotes	1	700.00
	<b>TOTAL ÁREA DE PRODUCTO TERMINADO</b>		<b>9,220.00</b>

**Cuadro No. 46 Costos iniciales de mobiliario para área administración**

Código	Equipo de área de administración	Cantidad	Costo por equipo (Q)
ADM-1	Escritorios	5	4,000.00
ADM-2	Sillas	15	1,200.00
ADM-3	Teléfonos	5	600.00
ADM-4	Computadoras y periféricos	5	20,000.00
ADM-5	Planta telefónica	1	9,000.00
ADM-6	Mesa de conferencia	1	3,000.00
ADM-7	Vehículo	2	65,000.00
ADM-8	Fotocopiadora	1	1,500.00
ADM-9	Fax	1	1,500.00
ADM-10	Archivos	5	4,000.00
ADM-11	Extintores	4	160.00
	<b>TOTAL ÁREA DE ADMINISTRACIÓN</b>		<b>109,816.00</b>

**Cuadro No.47 Costos iniciales de otros costos**

Código	Equipo de otros costos	Cantidad	Costo por equipo (Q)
OC-1	Sistema de ventilación y aire acondicionado	1	125,000.00
OC-2	Sistema eléctrico	1	120,000.00
OC-3	Sistema de distribución de agua potable(tuberías, accesorios etc)	1	125,000.00
	<b>TOTAL OTROS COSTOS</b>		<b>370,000.00</b>

**Cuadro No.48 Costos iniciales de otros costos**

Código	Costos fijos : Áreas variadas	Costo Mensual (Q)	Costo Anual (Q)
AMP	Calibración de balanza y báscula	291.66	3,500.00
AMP/E	Equipo de seguridad(mascarillas, guantes, lentes, etc)	291.66	3,500.00
AMP/E	Uniformes	166.66	2,000.00
AMP/ADM	Suministros de oficina(lapiceros, hojas, tinta para impresora)	333.33	4,000.00
AMT	Respuestos	1500	18,000.00
AMT	Mantenimiento de edificio	1000	12,000.00
AMT/ADM/E /ACC/ AC	Suministro sistema de ventilación	1000	12,000.00
AMT/ADM/E /AC/APT/ACC	Suministro sistema eléctrico	2083.33	25,000.00
AMT	Herramientas	416.66	5,000.00
ACC	Cristalería	416.66	5,000.00
ACC	Kit de Análisis de agua	1062.5	12,750.00
APT	Utensilios	416.66	5,000.00
ADM	Seguros(vehículos, contra incendios, etc)	2500	30,000.00
ADM	Combustible	1666.66	20,000.00
ADM	Servicio de Alarmas	666.66	8,000.00
ADM	Varios (bonos, viáticos, publicidad, jardinizacion,etc)	3333.33	40,000.00
ADM	Servicio de Internet	383	4,596.00
ADM/APT/E /ACC/AC	Teléfono	1500	18,000.00
	<b>TOTAL COSTOS FIJOS AREAS VARIADAS</b>		<b>228,346.00</b>

**Cuadro No. 49 Inversión inicial en equipo y maquinaria para el proceso de extracción de almidón**

		<b>Cantidad</b>	<b>Costo por equipo (Q)</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción equipo de transporte</b>		
E-1	Tanque de enfriamiento	1	209,059.20
<b>Código</b>	<b>Descripción equipo de transporte</b>		
E-2, E-7	Banda transportadora tipo canaleta	2	147,282.21
<b>Código</b>	<b>Descripción equipo de mezcla</b>		
E-08,E-20, E-22	Tanque para mezcla	3	
E-08,E-20, E-23	Agitadores para tanque de mezcla	3	
E-08(A),E-20(A)	Equipo de reserva	2	604,785.27
<b>Código</b>	<b>Descripción equipo molienda</b>		
E-6	Molino de discos	1	19,599.70
<b>Código</b>	<b>Descripción de equipo para planta de tratamiento de agua</b>		
E-18,E46	Bomba para bombeo de agua	2	
E-19, E-26	Columna de arena	2	
E-25, E-27	Columna de carbón	2	
E-28	Columna cationica	1	
E-29	Columna aniónica	1	
E-28(A)	Columna cationica de reserva	1	
E-29(A)	Columna aniónica de reserva	1	73,170.72
<b>Código</b>	<b>Descripción equipo para almacenamiento de agua</b>		
E-09,E-10, E-11, E-12	Tanque de almacenamiento de agua	7	20,068.69
E-37,E-38,E-39	Taque de almacenamiento de agua	3	21,951.52
E-13, E-40	Bomba hidroneumáticas	10	24,633.00
<b>Código</b>	<b>Descripción equipo para filtración</b>		
E-14	Filtro giratorio	1	7,317.07
<b>Código</b>	<b>Descripción equipo para sedimentación</b>		
E-15,E-21,E-30	Tanque de lavado	4	295,596.00
<b>Código</b>	<b>Descripción equipo para evaporación</b>		
E-45	Evaporador de película ascendente	1	47,038.22
<b>E-45</b>	<b>Secador</b>	1	175,087.08
<b>TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>			<b>1.685,832.96</b>

**Cuadro No. 51 Sueldos fijos administración**

Puesto	No. de empleados	Sueldo base(Q)	I.G.G.S. 10.67% (Q)	IRTRA 1% (Q)	INTECAP 1% (Q)	Bono 14 8.33% (Q)	Aguinaldo 8.33% (Q)	Vacaciones 4.16% (Q)	Pasivo laboral (Q)	Bonificación (Q)	Total (Q)
Gerente Administrativo	1	6,500.00	693.55	65.00	65.00	541.61	541.61	270.80	541.61	250.00	9,469.19
Gerente de Producción	1	5,000.00	533.50	50.00	50.00	416.63	416.63	208.31	416.63	250.00	7,341.69
Encargado de Recepción de materia prima y de bodega	1	2,100.00	224.07	21.00	21.00	174.98	174.98	87.49	174.98	250.00	3,228.50
Secretaria	1	1,400.00	149.38	14.00	14.00	116.66	116.66	58.33	116.66	250.00	2,235.68
Vendedor	2	4,000.00	426.80	40.00	40.00	333.20	333.20	166.40	333.20	250.00	6,172.80
Chofer	1	1,400.00	149.38	14.00	14.00	116.66	116.66	58.33	116.66	250.00	2,235.68
Conserje	1	1,400.00	149.38	14.00	14.00	116.66	116.66	58.33	116.66	250.00	2,235.68
Seguridad	1	1,400.00	149.38	14.00	14.00	116.66	116.66	58.33	116.66	250.00	2,235.68
Auxiliar de producción	1	1,200.00	128.04	12.00	12.00	99.99	99.99	49.99	99.99	250.00	1,952.00
<b>Total personal</b>	<b>10</b>										<b>TOTAL DE SALARIOS MENSUALES 37,106.90</b>

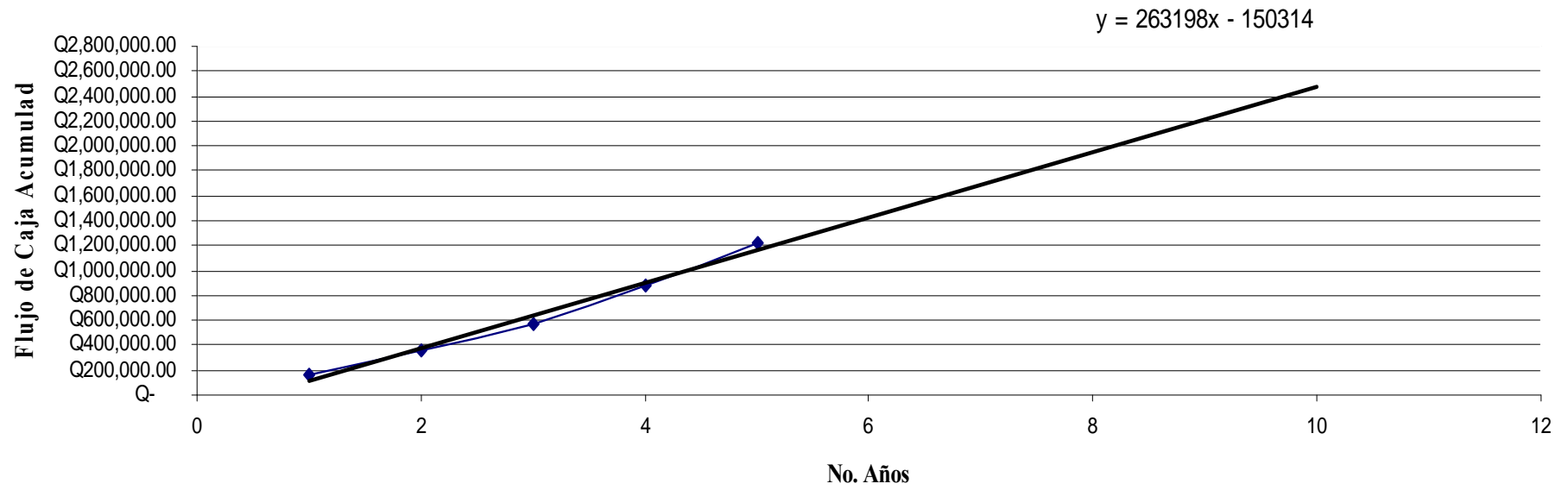
**Cuadro No. 52 Sueldos variados personal operativo**

Puesto	No. de empleados	Sueldo base(Q)	I.G.G.S. 10.67% (Q)	IRTRA 1% (Q)	INTECAP 1% (Q)	Bono 14 8.33% (Q)	Aguinaldo 8.33% (Q)	Vacaciones 4.16% (Q)	Pasivo laboral (Q)	Bonificación (Q)	Total (Q)
Operativo tipo 1	3	3,500.00	373.45	35.00	35.00	291.64	291.64	145.82	291.64	250.00	5,714.19
Operativo tipo 2	2	2,000.00	213.40	20.00	20.00	166.65	166.65	83.32	166.65	250.00	3,336.67
Auxiliares 1	2	1000.00	106.37	10.00	10.00	83.33	83.33	41.66	83.33	250.00	5,336.67
Auxiliares 2	1	850.00	80.03	7.50	7.50	62.49	62.49	16.24	62.49	250.00	1,345.00
Auxiliar 3	1	500.00	53.35	5.00	5.00	41.66	41.66	20.83	41.66	250.00	959.17
<b>Total personal</b>	<b>9</b>										<b>TOTAL DE SALARIOS MENSUALES 16,691.70</b>

**Cuadro No. 50 Costos de equipo puesto en área de trabajo**

Especificaciones				Costo de equipo									
Capacidad o potencia	Altura o largo (m)	Diámetro o ancho	Material	Cantidad	Precio unitario equipo \$	Precio equipo \$	Seguro 2%	Flete marítimo 5%	Impuestos importación sobre monto 15%	Precio por unidad Tipo de cambio Q.7,65/\$ (en Q.)	Impuestos IVA 12% Q	Precio total EWORKS Q.	
Silo para almacenamiento	20 m3	3	3	Acero inoxidable	2	\$10.000,00	\$20.000,00	\$400,00	\$1.000,00	\$3.000,00	Q186.660,00	Q22.399,20	Q209.059,20
Banda transportadora	0,373 kW	4,57	0,609	canaleta de caucho	2	\$7.045,00	\$14.090,00	\$281,80	\$704,50	\$2.113,50	Q131.501,97	Q15.780,24	Q147.282,21
Succionadora	25 kg/h	5	0,15	polietileno	1	\$150,00	\$150,00	\$3,00	\$7,50	\$22,50	Q1.399,95	Q167,99	Q1.567,94
Tanque de mezclado	1550 L	1,18	1,32	Acero inoxidable	5	\$11.571,56	\$57.857,80	\$1.157,16	\$2.892,89	\$8.678,67	Q539.986,85	Q64.798,42	Q604.785,27
Agitador	1.119kW			Acero inoxidable	5								
Tanque clarificadores	1550 L	1,18	1,32	Acero inoxidable	4	\$7.500,00	\$30.000,00	\$600,00	\$1.500,00	\$4.500,00	Q263.925,00	Q31.671,00	Q295.596,00
Bombas hidroneumaticas	0,746kW	3	3	Resistente a la corrosion	10	\$250,00	\$2.500,00	\$50,00	\$125,00	\$375,00	Q21.993,75	Q2.639,25	Q24.633,00
Planta de tratamiento de agua								\$0,00					
Columna de arena	15.12-22.69 L/min	1,4	0,2	Fibra de vidrio reforzada	2								
Columna de carbón activado	15.12-22.69 L/min	1,4	0,2	Fibra de vidrio reforzada	2								
Columna anionica	3.78 L/min	1,4	0,2	Fibra de vidrio reforzada	2								
Columna cationica	3.78 L/min	1,4	0,2	Fibra de vidrio reforzada	2	\$7.000,00	\$7.000,00	\$140,00	\$350,00	\$1.050,00	Q65.331,00	Q7.839,72	Q73.170,72
Depósitos químicos		3	3	Polietileno	6	\$350,00	\$2.100,00	\$42,00	\$105,00	\$315,00	Q19.599,30	Q2.351,92	Q21.951,22
Depósito para almacenamiento de agua	5m3	1,5	1,7	Resina de polietileno	8	\$240,00	\$1.920,00	\$38,40	\$96,00	\$288,00	Q17.919,36	Q2.150,32	Q20.069,68
Filtro giratorio	25 L/min	1,5	1,5	Acero inoxidable	1	\$700,00	\$700,00	\$14,00	\$35,00	\$105,00	Q6.533,10	Q783,97	Q7.317,07
Tamiz de apertura 60µ	25 L/min	1,5	1,5	Acero inoxidable	2	\$150,00	\$300,00	\$6,00	\$15,00	\$45,00	Q2.799,90	Q335,99	Q3.135,89
Tamiz de apertura de 200µ	25 L/min	1,5	1,5	Acero inoxidable	2	\$200,00	\$400,00	\$8,00	\$20,00	\$60,00	Q3.733,20	Q447,98	Q4.181,18
Evaporador	3 kg/h	2	2	Acero inoxidable	1	\$4.500,00	\$4.500,00	\$90,00	\$225,00	\$675,00	Q41.998,50	Q5.039,82	Q47.038,32
Secador	15 kg/h	3	3	Acero inoxidable	1	\$16.750,00	\$16.750,00	\$335,00	\$837,50	\$2.512,50	Q156.327,75	Q18.759,33	Q175.087,08
Deposito de almacenamiento	5 m3			Resina de polietileno	6	\$500,00	\$3.000,00	\$60,00	\$150,00	\$450,00	Q27.999,00	Q3.359,88	Q31.358,88
Molino de discos	10 kg/h	1,5	1	Acero inoxidable	1	\$1.875,00	\$1.875,00	\$37,50	\$93,75	\$281,25	Q17.499,38	Q2.099,93	Q19.599,30
						Q68.781,56	Q163.142,80	\$3.262,86	\$8.157,14	Q24.471,42	Q1.505.208,00	Q180.624,96	<b>Q1.685.832,96</b>

**Grafica No. 2 Periodo de Retorno de Inversion**



## **26. Diseño de Planta Industrial por áreas**



## APÉNDICE H

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Cédula cálculo de depreciaciones</b>											
Mobiliario sujeto a depreciación 10% anual	Q17.153,10										
Menos valor residual 10%	Q1.715,31										
Valor neto a depreciarse	Q15.437,79	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78
Equipo y maquinaria sujeto a depreciación 20% anual	Q1.685.832,96										
Menos valor residual 10%	Q337.166,59										
Valor neto a depreciarse	Q1.348.666,37	Q269.733,27	Q269.733,27	Q269.733,27	Q269.733,27	Q269.733,27					
Total de depreciación de maquinaria y equipo		Q271.277,05	Q271.277,05	Q271.277,05	Q271.277,05	Q271.277,05	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78	Q1.543,78

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Cédula de ventas</b>											
Venta de producto principal (harina)		Q7.792.895,26	Q8.572.184,79	Q9.429.403,26	Q10.372.343,59	Q11.409.577,95	Q12.550.535,75	Q13.805.589,32	Q15.186.148,25	Q16.704.763,08	Q18.375.239,38
Venta de subproducto (L-Dopa)		Q519.526,35	Q571.478,99	Q628.626,88	Q691.489,57	Q760.638,53	Q836.702,38	Q920.372,62	Q1.012.409,88	Q1.113.650,87	Q1.225.015,96
Ventas totales		Q8.312.421,61	Q9.143.663,77	Q10.058.030,15	Q11.063.833,16	Q12.170.216,48	Q13.387.238,13	Q14.725.961,94	Q16.198.558,13	Q17.818.413,95	Q19.600.255,34

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Cédula de mantenimiento</b>											
Estudio de impacto ambiental	Q23.000,00										
Permisos y licencias	Q2.300,00										
Estudio de factibilidad	Q6.000,00										
Control de plagas	Q24.000,00	Q25.680,00	Q27.477,60	Q29.401,03	Q31.459,10	Q33.661,24	Q36.017,53	Q38.538,76	Q41.236,47	Q44.123,02	Q47.211,63
Saneamiento de tuberías	Q42.000,00	Q44.940,00	Q48.085,80	Q51.451,81	Q55.053,43	Q58.907,17	Q63.030,67	Q67.442,82	Q72.163,82	Q77.215,29	Q82.620,36
Saneamiento de equipo	Q78.000,00	Q83.460,00	Q89.302,20	Q95.553,35	Q102.242,09	Q109.399,03	Q117.056,97	Q125.250,96	Q134.018,52	Q143.399,82	Q153.437,81
	Q175.300,00	Q154.080,00	Q164.865,60	Q176.406,19	Q188.754,63	Q201.967,45	Q216.105,17	Q231.232,53	Q247.418,81	Q264.738,13	Q283.269,80



## APÉNDICE I

