



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

**“PROYECTO DE PRE-FACTIBILIDAD
DE INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE BIOINSECTICIDA
(*Bacillus thuringiensis*) A PARTIR DE
SUERO DE LECHE”**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

Bachiller: ALEX OMAR ABAD TIRADO

ASESOR

Ing. GERARDO SANTAMARIA BALDERA

Lambayeque – Perú

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

**“PROYECTO DE PRE-FACTIBILIDAD DE
INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE BIOINSECTICIDA (Bacillus
thuringiensis) A PARTIR DE SUERO DE
LECHE”**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

Bachiller: ALEX OMAR ABAD TIRADO

Aprobado por:

Ing. Dr. Blanca Margarita Romero Guzmán _____
PRESIDENTE

Ing. MSc. Juan Carlos Díaz Visitación _____
SECRETARIO

Ing. MSc. José Enrique Hernández Ore _____
VOCAL

Ing. Gerardo Santamaría Baldera _____
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2016

DEDICATORIA

*Dedicado a todos que creyeron,
a quienes creen y también a aquellos*

*Que de ahora en adelante,
les va a tocar empezar a creer.*

INDICE

RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	4
2. ESTUDIO DE MERCADO.....	4
2.1 Definición y descripción del proceso.....	4
2.2 Propiedades físicas-químicas.....	8
2.3 Dosis modo de aplicación.....	8
2.4 Materias primas.....	11
2.4.1 Bacillus thuringiensis.....	11
2.4.2 Suero de leche.....	12
2.4.3 Melaza.....	15
2.4.4 Aditivos.....	17
2.5 Análisis del mercado.....	18
2.5.1 Mercado potencial histórico.....	18
2.5.2 Proyección de demanda potencial de Bacillus thuringiensis..	19
2.5.3 Oferta histórica y proyectada de bacillus thuringiensis.....	20
2.5.4 Mercado objetivo.....	21
2.5.5 comercialización.....	21
2.5.6 Análisis y evaluación de precios.....	21
2.6 Tamaño de la planta de bacillus thuringiensis.....	22
2.7 Conclusiones del estudio de mercado.....	23
2.8 Localización de la planta.....	23
2.8.1 macro-localización.....	23
2.8.2 micro-localización.....	24
CAPITULO II.....	26
3. INGENIERÍA DE PROYECTO.....	26
3.1 Procesos de producción de bt.....	26
3.1.1 Generalidades.....	26
3.1.2 Métodos de Producción.....	28
3.2 Selección del proceso de producción de bt.....	29
3.3 DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO.....	29
3.3.1 Aislamiento e identificación de bacillus thuringiensis....	29
3.3.2 Propagación en laboratorio.....	31
3.3.3 PRE-FERMENTACION.....	31
3.3.4 Fermentación.....	32
3.3.5 Separación.....	33
3.3.6 Formulación y Almacenamiento.....	33
3.4 BALANCE DE MASA.....	34
3.5 Balance de energía.....	34
3.6 Descripción de los principales equipos de proceso.....	37

3.6.1	Tanque almacenar suero.....	37
3.6.2	Tanque almacenar melaza.....	37
3.6.3	Tanque Mezclador Suero-Melaza.....	38
3.6.4	Pausterizador de Mezcla Suero-Melaza.....	38
3.6.5	Fermentador Principal.....	39
3.6.6	Centrifuga.....	40
3.6.7	Tanque Mezclador Bt-Tw- Lactosa.....	40
3.6.8	Secador spray.....	41
3.6.9	Mezclador de solidos.....	41
3.6.10	Llenadoras de Solidos.....	42
3.7	Distribución de planta.....	43
3.8	Consideraciones ambientales.....	44
CAPITULO III.....		46
4.	Estudio Económico Financiero.....	46
4.1	Estimación de Inversión Total.....	46
4.1.2	Capital de Puesta en Marcha o Capital de Trabajo.....	51
4.1.3	Estimación del Costo de Fabricación.....	52
4.1.4	Costos Fijos de Fabricación.....	54
4.1.5	Gastos Generales (VAI).....	55
4.1.6	Balance Económico y Rentabilidad.....	56
Conclusiones.....		62
Recomendaciones.....		63
Bibliografia.....		64
Apéndice.....		68
Anexos.....		96

RESUMEN

Con la finalidad de suplir los insecticidas de origen químico se trazó como objetivo instalar una planta de producción de un bioinsecticida conocido como *Bacillus thuringiensis* (BT) efectivo para una gran variedad de plagas, destacando el gusano cogollero del maíz.

En el Capítulo III se realizó el estudio de mercado para lo cual se analizó la demanda y oferta del producto. Se estableció que para el 2025 existirá una mercado potencial de 4,5 millones de kg de BT. De este mercado, por ser un producto de importación se ha considerado instalar una planta de producción de 900000 kg, con 6,4% de ingrediente activo.

En el Capítulo IV se realizó el estudio de Ingeniería del Proyecto. Se evaluaron las condiciones tecnológicas de producción de BT a partir de la mezcla de suero de leche y melaza. Se describen los principales equipos del proceso.

Finalmente en el Capítulo V se realizó el estudio Económico-Financiero. Se estableció que la inversión total del proyecto será de 3 969.492. El costo de producción será de 4,9653 dólares el kilogramo de BT. A precio de 7,08 dólares por kilogramo (puesto en fábrica) se obtuvo una tasa de retorno sobre la inversión de 37,17% antes de impuestos y de 23.92% después de impuestos; un periodo de recuperación del dinero de 2,35 años.

Se concluye finalmente que el proyecto es factible desde el punto de vista de mercado, técnico y económicamente, por lo que se recomienda su instalación. Es notable resaltar que el precio de venta ex –fábrica es menor que el precio de mercado que estima en 9,0 dólares el kilogramo.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día existe una necesidad crítica de contar con herramientas seguras y efectivas para el control de plagas, alternativas a los insecticidas químicos. Esto estimula considerablemente el interés en usar patógenos como agentes de biocontrol. El patógeno más exitoso en cumplir este objetivo, que además mantiene potencial para seguir desarrollándose, es la bacteria con cualidades bioinsectidas *Bacillus thuringiensis*. Esta posee una toxicidad selectiva alta debido a su estrecho rango de especificidad y gracias a ello genera en el ambiente un impacto muy bajo (Sauka D. & Benintende G.; 2008).

Se ha estimado que el 2% del mercado mundial de pesticidas es satisfecho con biopesticidas, en el que *Bacillus thuringiensis* domina el 95% de las ventas. Varios han sido los factores que han hecho posible su existencia en la agricultura. El más importante es su alta especificidad hacia algunos insectos y su inocuidad para mamíferos, otros vertebrados, plantas e inclusive otros insectos benéficos.

Por varias razones, el uso de biopesticidas como insecticida ha crecido lentamente cuando se compara con sus similares de origen químico. Los pesticidas microbianos tienen generalmente un costo de producción más alto que los químicos. Grandes cantidades de toxinas han sido aplicadas a los campos para asegurar que cada larva ingerirá una dosis letal. Sin embargo, el costo puede ser disminuido aumentando la demanda. Muchos pesticidas químicos tienen un espectro amplio de toxicidad, tanto que los usuarios de pesticidas pueden considerar a los pesticidas microbianos con un rango más estrecho ser menos convenientes (Chang et al., 2008). El uso de agentes de control biológicos ha sido considerado ser mucho más seguro que los químicos para el ecosistema. Aún más, las perspectivas futuras parecen ser positivas. Se estima que, la velocidad de crecimiento del uso de biopesticidas en los próximos 10 años hasta el 2025 será de **10-15%** comparado con solo

2% para los pesticidas químicos (Crickmore, 2005). También el costo de desarrollo de insecticida *Bacillus thuringiensis* se predice que será de 3-5 millones de dólares, comparado con 50-80 millones de dólares para los insecticidas químicos. Además, se asume que el uso de insecticidas químicos disminuirá en el futuro debido a que existirá mayores restricciones para su registro y uso lo cual resultará en un mercado muy pequeño para los pesticidas químicos, resultando favorecidos los biopesticidas (Zouari et al., 2002).

La característica principal de *B. thuringiensis* es que durante el proceso de esporulación produce una inclusión parasporal formada por uno o más cuerpos cristalinos de naturaleza proteica que son tóxicos para distintos invertebrados, especialmente larvas de insectos. Estas proteínas se llaman Cry (del inglés, Crystal) y constituyen la base del insecticida biológico más difundido a nivel mundial (Schnepf E.; et al.; 2006).

En el mercado existen bioinsecticidas de primera, segunda y tercera generación. Los de primera generación, son aquellos cuya formulación incluye como ingrediente activo una mezcla de cristales y esporas de *B. thuringiensis*. Constituyen la mayor proporción de los productos comerciales que se utilizan en el mundo. Estos productos se encuentran disponibles en diferentes tipos de formulaciones, tanto líquidas como sólidas. Estas formulaciones satisfacen en el presente los requerimientos de distintos ámbitos, desde la agricultura hasta la salud pública. Los de segunda generación son aquellos constituidos por una mezcla de esporas y cristales provenientes de una cepa de *B. thuringiensis* a la cual se le introdujo mediante algún mecanismo de transferencia de genes, ya sea transformación, transducción y/o conjugación, genes cry presentes en otras cepas de *B. thuringiensis* y no en la receptora, lo que permite ampliar su espectro de actividad hacia otros insectos plaga o aumentar su toxicidad mediante un efecto sinérgico o aditivo. La tercera generación de bioinsecticidas comprende aquellos cuya formulación contiene bacterias recombinantes que han sido modificadas genéticamente con genes cry o cepas de *B. thuringiensis* modificadas con otros genes que codifican

otros factores de virulencia distintos de las δ -endotoxinas. Estos productos se desarrollaron con el objetivo de resolver la limitación de la toxicidad residual corta que poseen los productos de primera generación, o simplemente de aumentar la toxicidad hacia los insectos (Tabashnik B., 2004).

En este proyecto se contempla la producción de bioinsecticida de tercera generación. Debido a las proteínas que tienen que formarse en la bacteria en mención, se hace necesario un sustrato una fuente económica de proteína en solución, como es el caso del suero de leche.

El suero de leche se define como un producto lácteo obtenido de la separación del coagulo de la leche, de la crema o de la leche semidescremada durante la fabricación de queso, mediante la acción acida o de enzimas del tipo cuajo que rompen el sistema coloidal de la leche. En el lactosuero se encuentran partículas suspendidas solubles y no solubles (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales), y compuestos de importancia biológica-funcional (Illanes Andrés, 2011).

Entonces, teniendo necesidad de un bioinsecticida que cumpla la función de eliminar plagas de insectos, pero que no sea tóxico y perjudique el medio ambiente, se hace necesario proyectar una planta de producción de este bioinsecticida. Además, siendo un sustrato obligado un material que contenga proteína y otras sustancias minerales y vitaminas para el desarrollo del *Bacillus thuringiensis* se promueva el uso del suero de leche, que actualmente es un residuo que es eliminado en las aguas residuales de las plantas queseras. De esta manera se estará dando uso un residuo líquido de las queserías y además se estará produciendo un bioinsecticida efectivo y no tóxico al medio ambiente, a los animales o personas.

CAPITULO I

ESTUDIO DE MERCADO

2.1 DEFINICION Y DESCRIPCION DEL PRODUCTO

El *Bacillus thuringiensis* se vende al público consumidos en distintas formulaciones. Los tipos de formulaciones de esta bacteria son polvos humedecibles, polvos secos, granulados o emulsiones. Las formas secas son más estables durante su almacenamiento, mientras que las líquidas resultan más económicas.

Es un bacilo Gram-positivo, aerobio, que se encuentra en forma natural en suelo y plantas. Fue descubierto en Japón en 1902 por Ishiwata y pocos años después fue aislado en Thuringe (Alemania). Se comenzó a comercializar en Francia, en 1938 y hoy en día es el biopreparado más utilizado.

Su acción larvícida varía según la cepa y raza elegida; la variedad kurstaki, serotipo 3a3b es activo contra Lepidópteros. Su acción se mide por la potencia expresada en valores que va desde 16 millones de U.I/g hasta 32 millones de U.I/g, medidas frente a *Trichoplusia ni*.

Su **modo de acción** se debe a que cuando el *Bacillus thuringiensis* esporula, sintetiza unos cristales proteicos llamados delta-endotoxinas, a los cuales debe su actividad insecticida. Estas protoxinas necesitan ser ingeridas por las larvas para poder actuar, pues la toxicidad selectiva de B.t. para las larvas de ciertos insectos se debe a dos factores en su modo de acción: Las toxinas necesitan para su activación un medio alcalino, característica que se da sólo en el intestino de la mayoría de los insectos. Las toxinas sólo pueden actuar si están unidas a receptores específicos, y dicha especificidad depende del insecto. Así, cada especie de insecto, según la naturaleza de sus receptores será sensible o no. Cuando ambos factores se conjugan, las

toxinas se fijan rápidamente sobre sus receptores y producen la parálisis del intestino impidiendo los movimientos peristálticos, por lo que el insecto deja de alimentarse. Además se produce rotura del epitelio intestinal, permitiendo el paso de los fluidos intestinales al resto de órganos y tejidos vitales del insecto. Tan solo unas pocas horas después de haber ingerido a la espora con la toxina, las mandíbulas del insecto se paralizan y cesa la alimentación. Posteriormente la parálisis se generaliza, desaparecen los movimientos reflejos y la larva muere al cesar los latidos cardíacos (Ruiz & Montiel, 2005). El modo de acción en forma resumida se representa en la Figura 3.1.

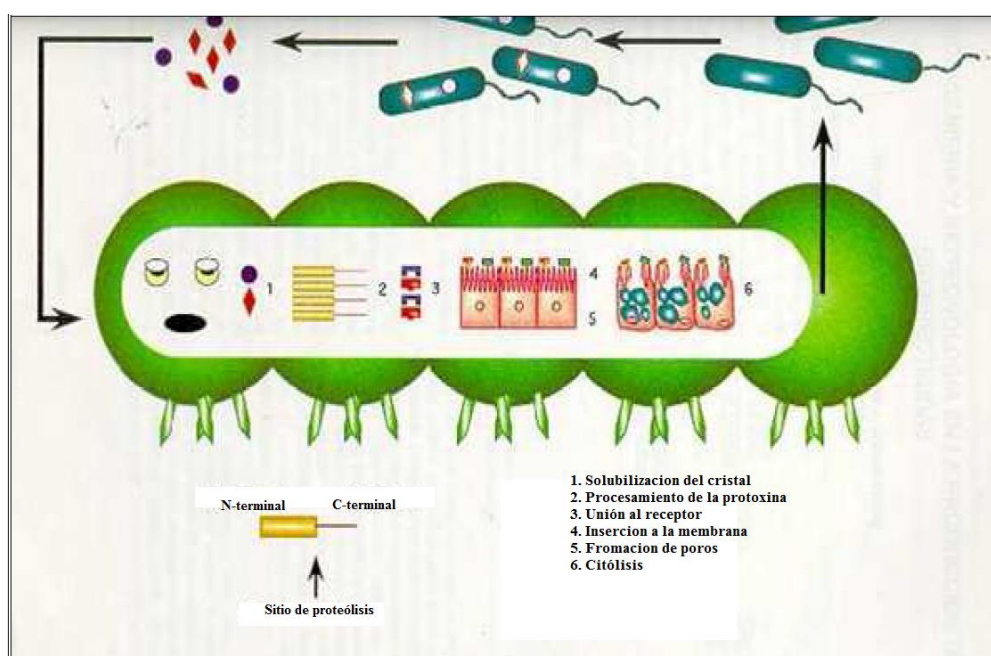


Figura 3.1. Mecanismo de acción de *Bacillus thuringiensis*.; Carrera, 2009.

En nuestro país se vende bajo diferentes nombres comerciales cerca de 50 productos, destacando que la mayoría son *B. thuringiensis* de la variedad Kurstaki. Ver Tabla 3.1.

El producto en polvo se le adiciona algunos componentes con la finalidad de mejorar el tiempo de almacenamiento, la eficacia y el transporte. Se debe buscar un equilibrio entre la facilidad de fluir y la facilidad de humectarse. También se utiliza algunos materiales de relleno para disminuir los costos del producto.

Tabla 3.1*Lista de Productos biológicos formulados registrados*

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMUN	ORIGEN	TITULAR DEL REGISTRO
Agree 50 WP	Bacillus thuringiensis sp. Aizawai	EE.UU	CONAGRA S.A.C
Xentari WDG	Bacillus thuringiensis sp. Aizawai	EE.UU	Bayer S.A.
Turilav WP	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	Colombia/Perú	Serfi S.A.
Lepibac 10 PM	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	España/China	Silvestre Perú, S.A.C
Dipel 2X	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	EE.UU	Bayer S.A.
Batumex	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	Perú	Serfi S.A.
Bactucide	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	España	Neo Agrum S.A.C
Gorrión 2X	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	Perú	Serfil S.A.
Biobit HP WP	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	EE.UU.	Tecnología Química
Bt-2X	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	EE.UU	Serfi S.A.
Dipel 54 WG	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	EE.UU	Bayer S.A.
Broder	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	China	Comercial Andina
Bacistok	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	India/China	ITAGRO
Bacillus Mi Peru	Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	China	Manejos Integrados

Fuente: Elaboración propia, con datos de SENASA, 2014.

Debido a la gran variedad de formulaciones, en este proyecto se considera las características de uno de ellos. La composición y características se alistan a continuación en base a la información de MIPerú – Manejos Integrados Perú S.A. (2014).

Tabla 3.2*Composición del Bacillus Thuringiensis, grado comercial*

Ingredientes activos	Porcentaje
Bacillus thuringiensis var. Kurstaki	6,4%
Agente protector de rayos UV	5%
Agentes humectantes	4%
Aditivos	84,6%

Características

Formulación: Polvo mojable (WP)

Biopotencia: > 32000 UI/MG

Apariencia: Polvo marrón

PH: 6.0-7.0 (25° C)

Suspendibilidad: > 95 %

Color: Polvo marrón a gris

Humedad: < a 4 %

Olor: Característico

Fineza (% de partículas que pasan a través de una malla 320) :
>95 %

Descripción

El producto WP es un insecticida biológico que contiene una cepa especial de *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*, patógena de insectos plagas del orden *Lepidoptera*. Es altamente selectivo a la fauna benéfica y no se conocen efectos adversos para el hombre, los animales domésticos, aves, peces ni toxicidad a las plantas. *Bacillus thuringiensis* WP actúa por ingestión y después de ser ingerido por la larva del insecto, le causa inapetencia, deteniéndose el daño al cultivo. Aunque el daño cesa después de unas horas, las larvas afectadas mueren en un lapso de 3 a

7 días dependiendo del tamaño de la misma y la cantidad de producto ingerido.

2.2 PROPIEDADES FISICO-QUIMICA

Según la hoja de datos de seguridad de AGRHUSA, 2011 el *Bacillus Thuringiensis* tiene las siguientes propiedades físico-químicas.

a.- Físicas

- Apariencia y color: Líquido Pantone 140c (café marrón).
- Punto de inflamación: No inflamable
- Límites de inflamabilidad (LEL - UEL): No determinado
- Temperatura de auto ignición: No corresponde
- Temperatura de descomposición: Termalmente estable bajo 35 °C.
- Densidad de vapor : No corresponde
- Densidad a 20° C: 1.001 g/ml
- PH: 6.7 a 20 °C

b.- Químicas

- Solubilidad en agua y otros solventes: totalmente dispersable.
- Coeficiente de partición octanol /agua: No determinado
- Corrosividad: No corrosivo
- Índice de volatilidad: No volátil
- Radioactividad: No radioactivo
- Velocidad de propagación de la llama: No disponible
- Viscosidad: No corresponde

2.3 DOSIS, MODO DE APLICACIÓN Y DATOS DE SEGURIDAD

Si el agua a usar para la preparación del producto tiene un pH > 7 y dureza mayor a 120 ppm, se debe usar micro encapsuladores para evitar la degradación del producto por condiciones de pH y dureza.

Modo de preparación: En 3 a 5 litros de agua disuelva 20 cc a 50 cc de micro encapsulador. Agite bien usando escobillón. Agregue la dosis

de *Bacillus thuringiensis* WP para 200 litros y agite nuevamente hasta conseguir una mezcla homogénea. Agregue agua hasta completar 200 litros.

Modo de Aplicación. *Bacillus thuringiensis* WP actúa exclusivamente por ingestión, durante la aplicación se debe cubrir todos los sitios de alimentación de las larvas para tener un buen efecto en el control de la plaga. El volumen de aplicación recomendado, es aquel que sea necesario para cubrir completamente la planta y los órganos susceptibles de ataque. El volumen de aplicación (lts/Ha de caldo insecticida) puede variar desde 200 litros/Ha en cultivos de porte bajo hasta 1500 litros en frutales y otros cultivos con follaje denso. Puede ser aplicado con equipos manuales o mecanizados. Aunque tiene agentes protectores de los rayos UV se recomienda que la aplicación se haga durante las horas de la tarde y la noche para tener mejores resultados. Como referencia, en espárrago se aplican en volúmenes de 600 a 800 litros por hectárea con boquillas cónicas referencia ATR 1299-16 a 1299-20 (Albuz verde, roja o azul) con presión entre 15 y 20 bar. o boquillas con caudales y tamaños de gotas similares a estos. Para el cultivo de pimientos se recomienda usar boquillas ATR 1299-14 y 1299-16 (Albuz naranja y roja) y volúmenes de aplicación desde 400 hasta 1000 litros/ha, dependiendo de la edad del cultivo, la densidad de siembra y la presión de la plaga.

Recomendaciones de Uso. *Bacillus thuringiensis* WP está registrado para el control de las plagas mencionadas en la Tabla 3.2. Puede ser aplicado en cualquier etapa del cultivo sin restricciones, está exento de tolerancias según EPA de acuerdo al código 40cfr180.1155 septiembre 13.1995.

Tabla 3.3*Dosis recomendadas*

Cultivo	Nombre de la plaga	Dosis por hectárea	Dosis en dilución (gr/200 lts)
Esparrago	Gusano ejército (Spodoptera eridania)	1,5 a 2,5 kg/ha	400
	Gusano de la bellota (heliiothis virescens)	0,9 a 1,5 kg/hr	300 a 350
	Falso medidor (Pseudoplusia includens)	0,9 a 1,2 kg/hr	300 – 350
Pimiento	Gusano ejército (spodoptera frugiperda)	1,5 a 2,5 kg/ha	400
Alcachofa	Gusano ejército (Spodoptera eridania)	1,0 a 2,5 kg/hr	400
Palto	Bicho del cesto (Oiketicus Kirby)	2,5 a 4,0 kg/ha	500
Maiz	Gusano cogollero ((spodoptera frugiperda)	0,25 – 1,0 kg/ha	200

Fuente: MiPerú, 2008.

Datos de Seguridad

Clase de Toxicidad: según EPA, Categoría III, formulación de baja toxicidad. No se espera ningún efecto dañino en el ambiente si se utiliza según lo etiquetado. Es un bioinsecticida biológico no tóxico a los mamíferos, aves, abejas, lombrices e invertebrados acuáticos. LD50 aguda oral: 4.7×10^{11} esporas/kg. LD50 Aguda Dermal: mayor de 2500 mg/kg.

Propiedades explosivas: No aplica, BT no es explosivo

Viabilidad: BT tiene una viabilidad de 1 años después de la fecha de formulación.

Compatibilidad: es incompatible con productos altamente alcalinos, no debe usarse con biosidas de amplio espectro tales como el Clorotalonil,. Compatible con un amplio rango de acaricidas, insecticidas, fungicidas, adherentes. No use en aguas con pH por encima de 8.0.

Fito toxicidad: Fito tóxico en sobredosis a semillas.

Disposición del producto: Absorbentes contaminados, envases usados y producto rechazado, etc; deben ser incinerados a temperaturas superiores a 1000° C, en un incinerador, preferiblemente diseñado para la disposición de plaguicidas. También, pueden ser enterrados en un relleno sanitario. Se debe cumplir con las regulaciones locales aplicadas para la disposición de desechos.

2.4 MATERIAS PRIMAS

2.4.1 *Bacillus Thuringiensis*

El *Bacillus thuringiensis* (Berliner) es uno de los bioinsecticidas más empleados. El poder insecticida de esta bacteria se encuentra en una protoxina que produce cuando se forma la endospora bacteriana. Esta sustancia, una glicoproteína de elevado peso molecular denominada δ -endotoxina, determina la especificidad de acción de las distintas variedades del bacilo, establecida por los péptidos que forman parte de la molécula, y que genéricamente se conocen como proteínas CRY. Así, de entre más de 70 serovares de *Bacillus thuringiensis*, los únicos empleados para la preparación de bioinsecticidas (DE LIÑAN, 2003) son el B.t. var. Kurstaki, aizawai, morrisoni (todos con actividad frente a larvas de Lepidópteros), israelensis (para Dípteros) y tenebrionis y san diego (para Coleópteros).

La bacteria *Bacillus thuringiensis* es un bacilo Gram-positivo, flagelado y esporulado que se caracteriza por la formación de un cuerpo paraesporal o cristal de proteína, conocido como δ -endotoxina, estos cristales se forman durante la esporulación y tienen actividad toxica para larvas de insectos.

La δ -endotoxina puede variar en tamaño y en forma, ya que según la variedad de *Bacillus thuringiensis*, pueden producir en el medio de cultivo más de una forma de cristales, se menciona que se encontraron cristales de forma romboidal, de tipo amorfo y también de la clase bipiramidal. Mientras

que reportan el asilamiento de cristales irregulares cuboidales, bipiramidales y esféricos, aunque señalan que la forma más común es la bipiramidal.

Crece en una gran variedad de medios no selectivos, siendo el caldo nutritivo y el Luria Bertani (LB) dos de los más utilizados. Aunque puede crecer desde los 15 hasta los 45°C, la temperatura óptima de crecimiento se sitúa entre 26-30°C, pudiéndose producir pérdidas de plásmidos a temperatura mayores de 30°C. *Bacillus thuriangiensis* no es especialmente exigente en cuanto al pH de su crecimiento. Crece adecuadamente en valores de entre 5.5 a 8.5, con pH óptimo comprendido entre 6,5 a 7,5.

La morfología de las colonias de *Bacillus thuriangiensis* crecidas en placa puede variar en relación con el medio de cultivo utilizado. En agar nutritivo forma colonias circulares con borde irregular, perfil plano y color marfil claro. El diámetro que avanza en la placa de cultivo depende directamente de la densidad de colonias que alberga. Su textura es seca y cerosa, apreciándose en colonias maduras que su círculo central posee una superficie de apariencia más brillante y lisa que el halo externo, mate, debido probablemente a la esporulación de las células centrales, más adelantadas en el ciclo (Medrano, 2000).

Para el presente proyecto se considera que la cepa para iniciar los cultivos en laboratorio y propagar hasta los pre-fermentadores se hará aislando el *Bacillus thuriangiensis* con los medios de cultivo adecuados. El costo se considera insignificante.

2.4.2 Suero de leche

El suero de leche es un producto lácteo obtenido por la precipitación de la caseína en la fabricación de quesos; contiene más del 50% de los sólidos de la leche, incluyendo proteínas, lactosa, minerales y vitaminas. Durante muchos años se consideró como un desperdicio y agente contaminante, sin embargo, este punto de vista ha cambiado radicalmente debido a que este

subproducto es una fuente rica en materias primas y cada uno de sus componentes puede ser aprovechado de alguna forma.

Para obtener un kilogramo de queso, se necesitan aproximadamente 10 litros de leche y se generan 9 de lactosuero como subproducto. Se define como un líquido translucido verde, obtenido de la leche después de la precipitación de la caseína. Así mismo (Jelen, 2003).

La composición nutricional del lactosuero puede variar considerablemente dependiendo de las características de la leche utilizada para la elaboración del queso, el tipo de queso producido y el proceso tecnológico empleado en la elaboración del queso. A partir de estas diferencias se encuentran los tipos de lactosuero. Los dos tipos más comunes de suero de leche son el dulce y el ácido. El suero dulce se obtiene de la elaboración del queso mediante el uso de enzimas proteolíticas o cuajo, las cuales actúan sobre las caseínas de la leche y las fragmentan, haciendo que éstas se desestabilicen y precipiten, todo esto bajo condiciones específicas de temperatura, aproximadamente entre 15-50°C, con un pH levemente ácido. Por otro lado, el suero ácido se genera mediante la precipitación ácida de la caseína, la cual se logra disminuyendo el pH de la leche a un valor de 4.5 a 4.6. A este pH se alcanza el punto isoelectrico de la mayor de las caseínas presentes; en este punto, la carga eléctrica neta de la proteína es igual a cero, lo cual produce de la micela de caseína se desestabilice y precipite, dejando en solución solamente las proteínas de tipo séricas (Poveda, 2013).

En términos promedio, el suero de leche contiene más de la mitad de los sólidos presentes en la leche original, incluyendo alrededor del 20% de las proteínas (lacto albúminas y lacto globulinas), la mayor parte de la lactosa, minerales (calcio, fosforo, sodio y magnesio) y vitaminas hidrosolubles (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalmina y ácido ascórbico).

En el presente proyecto se considera como materia prima el suero dulce, cuya composición se detalla en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4***Composición del suero de leche dulce en base seca***

Componente (g/L)	Valores promedio
Sólidos totales	63,0 – 70,0
Densidad, g/cm ³	1,022 – 1,024
Lactosa	46,0 – 52,0
Grasa	0,00 – 5,00
Proteína	6,00 – 10,0
Calcio	0,40 – 0,60
Fósforo	0,40 – 0,70
Potasio	1,40 – 1,60
Cloruros	2,00 – 2,20

Fuente: Callejas, 2012.

Debido a sus propiedades nutricionales y funcionales, el lactosuero se ha convertido en una materia prima conveniente para obtener diferentes productos a nivel tecnológico.

Disponibilidad de suero de leche

La disponibilidad de suero de leche se calculó en base a la producción de queso, considerando que para 1 kg de queso se necesita 10 kg de leche y se produce 9 kg de suero.

Según el anuario de Producción Agroindustrial Alimentaria, la producción de queso en los últimos tres años (2015, 2014 y 2013) ha sido 20,220, 19,774 y 18,675 toneladas respectivamente; lo que demuestra un crecimiento lento pero sostenido. En base a un promedio de 20000 toneladas de queso se dispondría de 180,000 toneladas de suero por año.

Según el mismo anuario los mayores productores de queso en el 2014 han sido: Arequipa (2833 ton), Cajamarca (7095 ton), Lima

Metropolitana (3166 ton), Puno (2655 ton) y San Martín (1051 ton) – MINAGRI, 2015.

Para el presente proyecto, el lacto suero se considera un subproducto sin valor comercial que se puede obtener de las queserías ubicadas en nuestro país.

2.4.3 MELAZA

La melaza es un subproducto de la caña de azúcar que queda tras el proceso de obtención de azúcar bruto y refinado y el producto final es el obtenido por el proceso de cristalización. Es un líquido denso, parecido a la miel de abeja. Tiene un color oscuro, porque contiene una gran cantidad de azúcar de caña. De sabor muy agradable e intenso. Aroma agradable. Existen tres grados de melaza: azufrados, sin azufre y melaza oscura y fuerte. Posee un gran número de vitaminas y minerales, entre los que destacan la vitamina B, los hidratos de carbono (20%, el hierro, el magnesio, el potasio, el cromo y el cobre. En la Tabla 3.4 se detalla la composición de la melaza de caña de azúcar.

Tabla 3.5

Composición de la melaza de caña de azúcar

COMPONENTES	CONSTITUYENTES	CONTENIDO (p/p)
Componentes Mayores	Materia seca	78%
	Proteínas	3%
	Sacarosa	60-63%
	Azúcares reductores	3-5%
	Sustancias disueltas (no pol)	4-8%
	Agua	16%
	Grasas	0,40%
	Cenizas	9%
Contenido de Minerales	Calcio	0,74%
	Magnesio	0,35%
	Fósforo	0,08%
	Potasio	3,67%
	Glicina	0,10%
	Leucina	0,01%

Contenido de Aminoácidos	Lisina	0,01%
	Treonina	0,06%
	Valina	0,02%
	Colina	600 ppm
	Niacina	48,86 ppm
Contenido de Vitaminas	Ácido Pantoténico	42,90 ppm
	Piridoxina	44 ppm
	Riboflavina	4,40 ppm
	Tiamina	0,88 ppm

Fuente: Téllez, 2004.

La melaza peruana es altamente cotizada, se vende en el mercado nacional e internacional. En el país se vende melaza a la industria de levadura, de ajino-moto, de alcohol, de piensos de animales, y de consumo directo.

En el 2012 se exporto al Ecuador a nivel de 10 041 toneladas a un precio promedio de US\$ 208 la tonelada. En el 2013 el volumen exportado fue 13 421 toneladas a un precio promedio de US\$ 154 por tonelada. La evolución de las exportaciones se muestra en la Figura 3.2.

Para el proyecto el costo de la melaza se considerará a US\$ 120 dólares la tonelada.

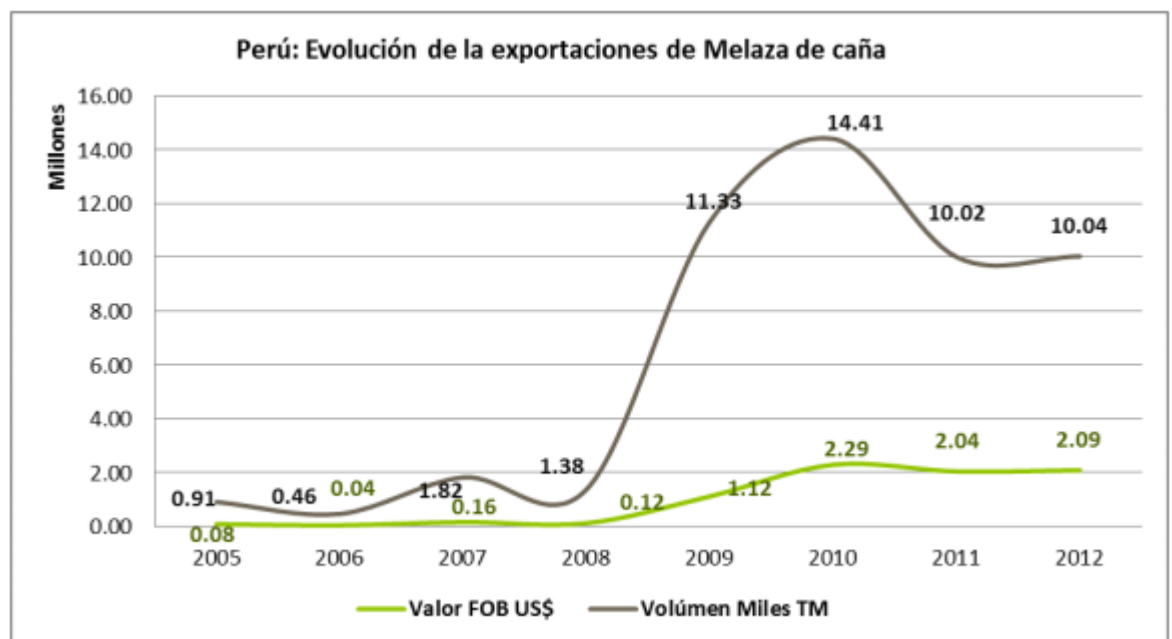


Figura 3.2. Evolución de las exportaciones de melaza de caña, ProPeru, 2012

2.4.4 ADITIVOS

Los aditivos se agregan para obtener formulaciones que mejoren el tiempo de almacenamiento, la eficacia y la facilidad de transporte del producto. Generalmente las enmiendas pueden agruparse en distintos tipos de portadores (rellenos, extensores) o modificadores que mejoran las propiedades químicas, físicas o nutricionales de la biomasa formulada. En la Tabla 3.5 se da una lista de los diferentes tipos de modificadores que se pueden adicionar para formular el *Bacillus thuringiensis* comercial en forma de polvo.

Tabla 3.6

Tipos de modificadores y ejemplos para la formulación de BT en polvo

Tipo	Ejemplos
Portadores líquidos	Aceites vegetales
Portadores minerales	Arcilla caolín, tierra diatomeas
Portadores orgánicos	Harinas de granos
Estabilizadores	Lactosa, benzoato de sodio
Nutrientes	Melazas, peptona
Aglutinantes	Goma arábica, carboximetilcelulosa
Desecantes	Silica gel, sales anhidras
Espesantes	Goma xantana
surfactantes	Tween 80
dispersantes	Celulosa micro cristalina
Protectores de UV	
Protectores solares	oxibenzona
Abrillantadores ópticos	Blankophor BHH
Bloqueadores de luz	Lignina (PC 1307)
Adherentes	Harina de maíz pre gelatinizada

Fuente: Moazami, 2001

En el 2013, Arunsiri, Suphantharika & Ketunuti presentaron una formulación para BT comercial. Determinaron que el almidón de yuca gelatinizado y la leche en polvo mejoran la fluidez del producto pero afecta adversamente la humectación. El aceite vegetal y Tween 20 mejoran la humectación pero disminuyen la fluidez. Que el humo de sílice mejora la fluidez debido a que evita la formación de grumos o tortas que se forman cuando se agrega aceite vegetales en la formulación. Encontraron la siguiente formulación óptima en términos de las propiedades físicas y biológicas del producto en polvo: 10% de BT; 10% de almidón gelatinizado de yuca, 10% de sacarosa, 38% de almidón de yuca, 20% de leche en polvo, 10% de humo de sílice, 2% de alcohol poli vinílico, 5% de Tween 20, 1% de aceite refinado de salvado de arroz y 1% de una solución antiespumante.

2.5. ANALISIS DEL MERCADO

El estudio de mercado tiene como fin presentar un análisis, de la serie de datos estadísticos y antecedentes, que permitan determinar la demanda y la oferta del producto motivo del presente proyecto.

2.5.1. Mercado Potencial Histórico

El mercado potencial se considera a la suma de todas las hectáreas dedicadas a los cultivos que pueden ser atacados por plagas sensibles al *Bacillus thuringiensis*, que por costumbre son controladas con plaguicidas químicos y que en un porcentaje muy bajo se está reemplazando por el bioinsecticida. Sin embargo para el presente estudio se ha considerado sólo cinco cultivos, que son los más representativos donde destaca el maíz, seguido por el esparrago, palta, alcachofa y pimiento.

En la Tabla 3.6 se ha calculado el consumo potencial que se tendría de *Bacillus thuringiensis* si se aplica a los cultivos de la lista considerando una dosis promedio de 2 kg/ha y con tres aplicaciones por año (Drokasa- Perú, 2014). En la última columna se muestra el potencial de consumo de *Bacillus*

thuringiensis si este se aplicaría para el control de plagas en los cultivos considerados.

Tabla 3.7

Estimado del consumo potencial de Bacillus thuringiensis en diversos cultivos, con dosis promedio de 2 kg/ha y tres aplicaciones anuales.

AÑO	ÁREA CULTIVADA A NIVEL NACIONAL hectárea					TOTAL ESTIMADO DE Bacillus Thuringiensis kg
	esparrago	pimiento	alcachofa	palto	maíz	
2007	23 547	-	-	13 603	523 632	3 364 692
2008	29 758	-	-	14 370	543 082	3 523 260
2009	29 467	-	-	16 292	559 767	3 633 156
2010	30 896	-	-	17 750	543 748	3 554 364
2011	33 144	-	-	19 339	518 863	3 428 076
2012	33 063	-	-	23 642	547 527	3 625 392
2013	33 673	-	5445	27 438	556 699	3 739 530
2014	31 919	1626	5290	30 320	567 230	3 818 310
2015	34 894	2548	6945	33 105	586 487	398 874

Fuente: MINAG, 2007-2016.

2.5.2 Proyección de la demanda potencial de Bacillus Thuringiensis (BT)

Con los datos de la última columna se hizo una gráfica que muestra la tendencia de la posible demanda de BT. Utilizando el programa Excel, según la Figura 3.3, la tasa de crecimiento del posible uso de BT sería de 60 701 kg/año, con lo cual se puede predecir que para el año 2025 el consumo potencial de BT sería de 4 500 000 kg al año (ver Apéndice).

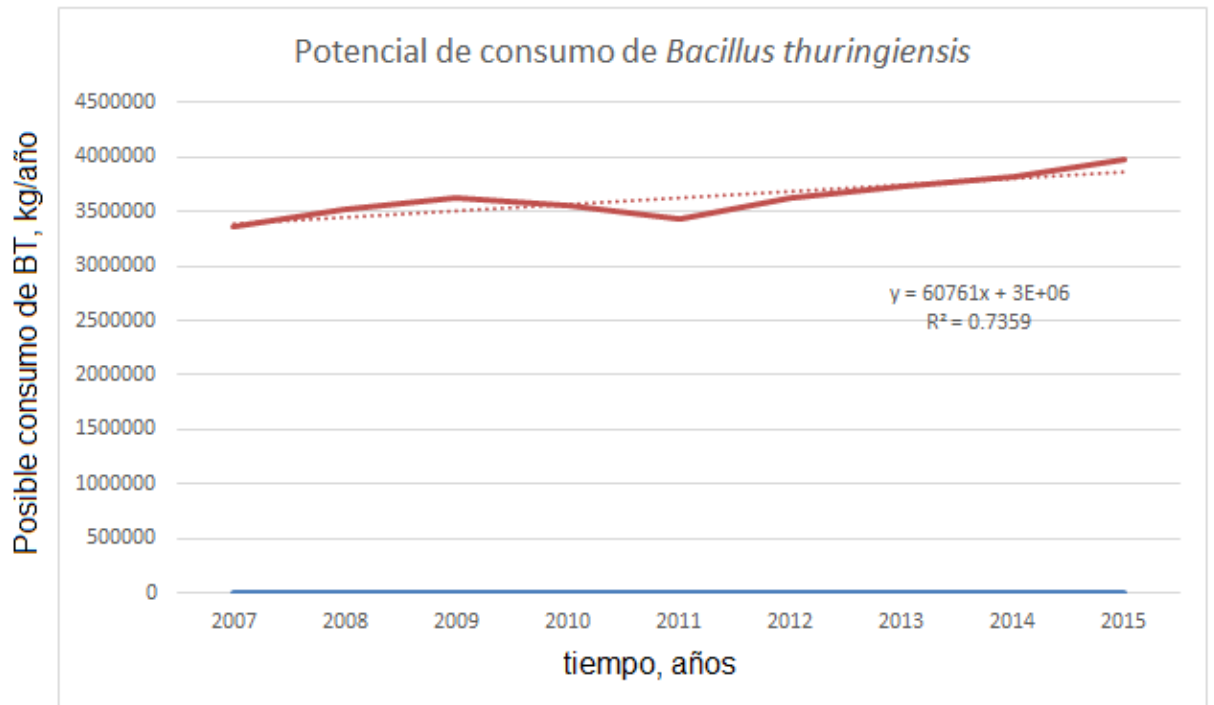


Figura 3.3. Potencial de consumo de *Bacillus thuringiensis*; elaboración propia

2.5.3 Oferta histórica y proyectada de *Bacillus thuringiensis*

En el Perú se viene usando *Bacillus thuringiensis* desde los años 2000. Los ofertantes del producto compran a granel y lo envasan en presentaciones de 1 kg. Todo es importado de países como China, Alemania, Estados Unidos y otros.

Las empresas envasadoras compran el producto a los grandes fabricantes mundiales como Bayer, Syngenta, BASF, Dow AgroSciences y Monsanto, entre otros. Las formulaciones van desde 1,5% hasta el 6,4% de producto activo, siendo este último el estándar utilizado por la gran mayoría de empresas productoras a nivel mundial.

Por lo tanto no existe en nuestro país ningún fabricante del producto, y en consecuencia se considera en el proyecto que no existe una oferta de BT.

2.5.4 Mercado Objetivo

Teniendo en cuenta que no existe ofertantes del producto, se considera que el mercado objetivo deberá ser una parte del mercado potencial.

Para el año 2025, el mercado potencial fue de 4.5 millones de kg/año de BT con 6,4% de ingrediente activo.

Teniendo en cuenta que cerca del 88% del área de posible aplicación de BT es de para el maíz, y este cultivo tiene una tendencia de convertirse en transgénico con los genes del BT en su estructura genética, se prevé que en el largo plazo habrá menos consumo de BT como bioinsecticida.

Considerando que todo el producto se importa, como mercado objetivo se va considerar solo el 20% del mercado potencial, es decir 900 000 kg/año.

2.5.5 COMERCIALIZACION

La venta tendrá dos canales de comercialización. La fábrica distribuirá a las tiendas agrícolas quienes a su vez vendan al usuario final.

En casos excepcionales, para grandes empresas agrícolas como los productos de esparrago y maíz se venderá en forma directa.

2.5.6 ANALISIS Y EVALUACION DE PRECIOS

Según Datos Perú a continuación se presentan algunos precios FOB de importación de *Bacillus thuringiensis* con 6,4% m/m.

2013 -----	7,07 dólares/kg
2014 -----	7,14 dólares/kg
2015 -----	8,55 dólares/kg

Teniendo en cuenta que este tipo de producto tiene medidas impositivas de solo impuesto de promoción municipal (2%) y de seguro (1%), sin considerar el IGV el precio FOB es similar al precio CIF (aduanet.gob.pe). El precio CIF para este producto, con partida arancelaria 3808.91.10.00 para el año 2015 fue 8,80 dólares/kg.

Para el proyecto se va considera un precio de venta ex – fabrica, sin IGV de 7.08 dólares/kg.

2.6 TAMAÑO DE LA PLANTA DE BACILLUS THURINGIENSIS

El tamaño de la planta se va establecer en base al mercado real que tendrá el producto motivo del presente proyecto. Este mercado real dependerá de distintos factores que pasan a analizar a continuación.

- **Tecnología:** Por referencia se conoce que se produce en la actualidad cerca de 200,00 toneladas por año de producto. En Cuba existen plantas de producción del bioinsecticida con capacidades de 20 y 30 toneladas por año. Existen plantas de mayor capacidad como las Abbott y Sandoz que tienen plantas de 2000 y 5000 toneladas por año (Maldonado, 2010).
- **Materia Prima:** la materia prima principal es el suero de leche que según los datos del ítem 3.4.2 se dispone en la actualidad con cerca de 180,000 toneladas de suero por año a nivel nacional. En Cajamarca se dispondría de cerca de 64,000 toneladas de suero por año que equivale a aproximadamente 490 toneladas de BT (Ver cálculos en el Apéndice). Por lo tanto la disponibilidad de materia prima no es factor que determine el tamaño de la planta.
- **Mercado:** Existe una tendencia a desarrollar cultivos transgénicos que contengan los genes insecticidas del *Bacillus thuringiensis*. Sin embargo, la aceptación no es total. Se espera que en los próximos años se tendrá dos tipos de mercado: uno que utilizará los cultivos transgénicos y otro que utilizará los bioinsecticidas con aplicación externa. Del mercado objetivo, que se ha determinado que llegaría para el año 2025 a 900 toneladas, se debe considerar como mercado real. Se considera que es el factor limitante para determinar el tamaño de planta.
- **Capital:** respecto a la inversión, se considera que habrá inversionistas interesados en este proyecto, pues además de utilizar materia prima de

muy bajo costo, es una tecnología limpia que cuidara el medio ambiente.

Para darle una mayor seguridad a la inversión en este proyecto se va considerar un tamaño de 900 toneladas, que representa 20% del mercado potencial del 2025.

2.7 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO

Del estudio de mercado se concluye que para el año 2025 existiría un mercado potencial para consumir *Bacillus thuringiensis* de 4500 toneladas/año, por una posible aplicación a los cultivos de maíz, palto, alcachofa, pimiento y esparrago.

Teniendo en cuenta la presencia de cultivos transgénicos que contienen los genes de BT, cuya aceptación no es completa se considera que para el 2025 el mercado objetivo sería solo el 20% del mercado potencial, es decir 900 ton/año.

Por lo tanto el tamaño de planta será de 900 toneladas por año, funcionando 300 días al año, equivale a 3.0 toneladas por día o 125 kg/hr.

2.8 LOCALIZACION DE LA PLANTA

2.8.1 MACRO-LOCALIZACION

Para la macro-localización se considera dos factores muy importantes: la disponibilidad de materia prima y el mercado.

Materia prima: La planta de producción de *Bacillus thuringiensis* a partir del suero de leche debe ser ubicada en las cercanías del abastecimiento del suero, debido a que este por ser un líquido residual su transporte en cisterna a sitios alejados representaría un coste muy elevado. Los departamentos que tienen una alta producción de queso son en orden descendente: Cajamarca, Lima Metropolitana, Arequipa, Puno y San Martín.

Mercado: el mercado tiene una influencia en la selección del lugar de ubicación de la planta. Los posibles grandes consumidores son los agricultores de maíz, palto, alcachofa, esparrago y pimiento; quienes por lo normal están ubicados en la zona costa peruana en los grandes complejos agroindustriales de Ica, Chavimochic (La Libertad) y recientemente Olmos (Lambayeque).

Entonces para dar cumplimiento a los dos factores se va a considerar tres regiones: Cajamarca, Lima Metropolitana y Arequipa.

Por las cercanías a los grandes complejos agrícolas se considera Cajamarca, la cual estaría muy cercana a las zonas agrícolas de Lambayeque, La Libertad, Piura y el mismo Cajamarca.

Lima y Arequipa tendría cercanía solo a las zonas agrícolas de Ica y Lima.

En conclusión se considera que el departamento donde debe ser ubicado la futura planta de producción de BT deberá ser Cajamarca, tanto por su disponibilidad de materia prima como por sus cercanías a mercados agrícolas de Lambayeque, La Libertad, Piura y Cajamarca.

2.8.2 MICRO-LOCALIZACION

Para la micro-localización se está considerando las provincias del Departamento de Cajamarca que producen queso a un nivel mayor de 750 toneladas de queso por año. En la Tabla 3.7 se muestran estas provincias.

Tabla 3.7. Producción de queso artesanal e industrial en provincias de Cajamarca

Provincia	Producción, ton/año
Cajamarca	955
Chota	3 375
Cutervo	965

Fuente: elaboración propia

Por la cercanía a la ciudad de Chiclayo, y la disponibilidad de suero de leche se considera la provincia de Cutervo como lugar para ubicar la futura planta de producción de BT. Para una posible ampliación se tiene la cercanía a la provincia de Chota, donde se dispone de más materia prima.

En la Figura 3.4 se muestra la ubicación definitiva de la futura planta de producción de *Bacillus thuringiensis*.

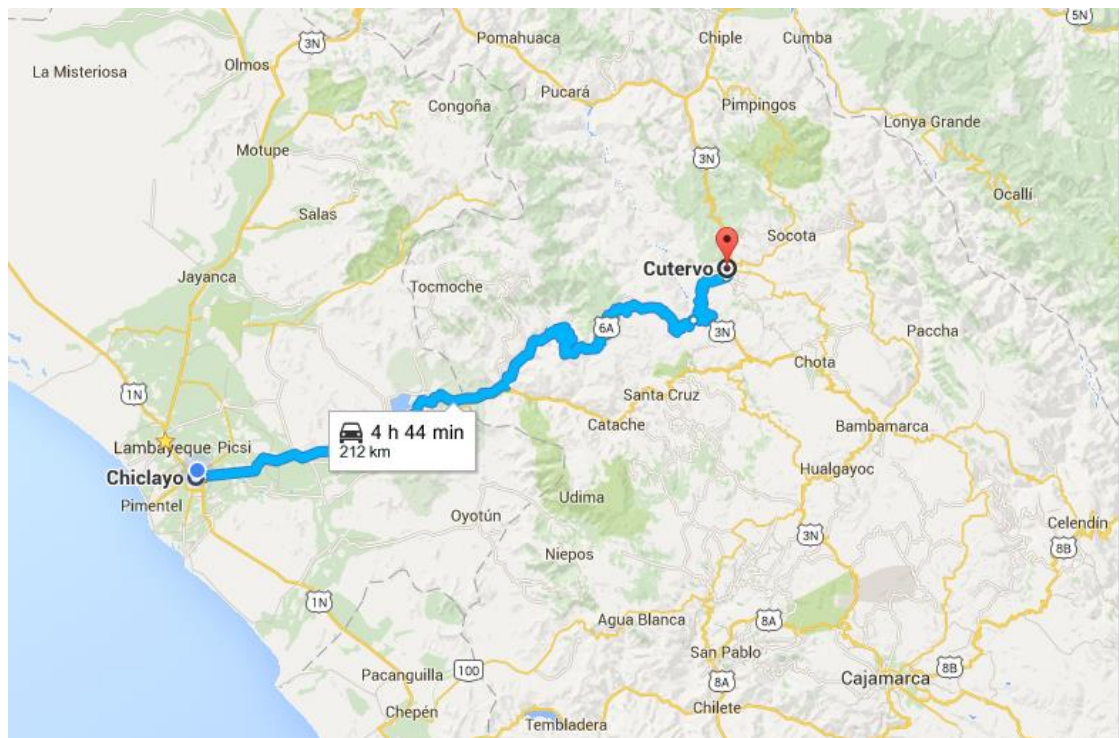


Figura 3.4 la ubicación definitiva de la futura planta de producción de *Bacillus thuringiensis*.

<https://www.google.com.pe/maps/dir/Chiclayo/Cutervo/>

CAPITULO II

3. INGENIERÍA DE PROYECTO

En este capítulo se realiza el estudio de ingeniería del proyecto. Incluye la descripción detallada del proceso, el balance de masa y energía, descripción de los principales equipos de proceso, la distribución de la planta y las consideraciones ambientales que se tendrá en cuenta por la instalación de la futura planta de producción de BT.

3.1 PROCESOS DE PRODUCCION DE BT

3.1.1 Generalidades

En biotecnología son utilizados dos tipos de producciones básicas: cultivos superficiales sobre medios sólidos o semisólidos y producción en medios líquidos superficiales o sumergidos.

Uno de los aspectos más importantes de *B. thuringiensis* es su producción a escala industrial. La primera etapa, la cual es una de las más importantes de este proceso, es la selección y conservación de las cepas de trabajo. En muchos países se desarrollan programas de prospección de nuevos aislamientos de la bacteria para ampliar su espectro y aumentar su capacidad insecticida.

El mantenimiento y conservación de las cepas seleccionadas es una garantía del éxito del proceso y del producto final. Para la conservación se emplean diferentes métodos, entre los más utilizados están la liofilización, suelo estéril, papel de filtro, medio agarizado, etc. Lo más importante es evitar los subcultivos continuos, porque se puede perder la virulencia y podrán aparecer poblaciones acristalíferas.

El desarrollo del producto a partir de la cepa seleccionada comienza con la preparación de los inóculos, los cuales se obtienen generalmente en zarandas mediante cultivos líquidos agitados y a partir de estos se realizan 1 o 2 subcultivos en fermentadores de menor volumen, dependiendo de la magnitud del volumen final de trabajo. La composición del medio de cultivo es

muy importante porque es necesario ajustar el balance de los nutrientes, principalmente carbono y nitrógeno para obtener una concentración elevada de biomasa bacteriana y una buena cantidad de cristales tóxicos. Otros nutrientes también son importantes, tales como las sales de magnesio, manganeso, carbonatos y fosfatos.

Como fuentes nitrogenadas se utilizan harinas de soya, maíz, suero de leche, trigo y pescado entre otras y como fuentes de carbono se emplean principalmente almidones y en ocasiones melazas.

El valor de pH es un parámetro importante y aunque generalmente se deja libre durante el proceso, es necesario ajustar los medios de cultivo para que no sea menor a 5,0. En general, el pH inicial debe ser de 6,8-7,2, pero baja después de las primeras 8-12 h, hasta llegar a 5,0. Posteriormente, se incrementa lentamente y al final el proceso tiene un valor aproximado de 8,0. Esta cinética es un buen indicador del proceso.

Durante el proceso de producción de *B. thuringiensis* es importante considerar el suministro de oxígeno porque esta bacteria requiere un elevado nivel de este gas, en especial durante la fase de crecimiento exponencial. Esta demanda disminuye durante la esporogénesis y en la etapa de lisis del esporangio y liberación de la delta endotoxina. Esto permite disminuir el suministro de aire en la etapa final de la producción, lo que representa una economía en el proceso.

Cuando se eleva el suministro de oxígeno y dado que se utilizan medios de cultivo ricos en proteínas, existe el riesgo de que se produzca un exceso de espuma; por lo cual es necesario, en ocasiones, adicionar antiespumantes. Esto debe hacerse con cuidado y el antiespumante seleccionado no debe afectar el desarrollo de la bacteria. Además un exceso de este producto puede crear una anaerobiosis parcial con detrimento de la calidad del proceso. También puede ocasionar problemas durante el recobrado y la formulación.

Los procesos industriales se realizan en grandes fermentadores y el recobrado mediante procesos de sedimentación, filtración o centrifugación, este último es el más eficiente. Los métodos de producción por cultivo sumergido, los cuales son más eficientes, económicos, permiten la producción

a mayor escala, con menos contaminación y mejor control de la calidad (Fernández, 1999).

Simultáneamente a la formación de la espora, tiene lugar la síntesis de uno o varios cristales paraesporales de naturaleza proteica, que pueden representar entre un 20 y 30% del peso seco del esporangio. El cristal paraesporal se ubica en el interior del esporangio, generalmente, fuera del exosporio. Sin embargo, se han descrito cristales paraesporales dentro del exosporio de algunos aislamientos, con lo que el cristal y espora continúan juntos tras la lisis celular. Al igual que la espora existen pruebas de que los cristales son inactivados por acción de la luz ultravioleta siendo además fácilmente degradados por la acción de los microorganismos del suelo. Una vez completada la esporulación, se produce la lisis de la pared del esporangio, liberándose el cristal y la espora en el medio, comenzando el ciclo de nuevo si las condiciones son favorables (Medrano, 2000).

3.1.2 Métodos de producción

3.1.2.1 Producción sobre sustratos sólidos

En este método de producción el proceso de crecimiento de los microorganismos se realiza sobre materiales sólidos. El sustrato puede ser colocado sobre una bandeja, en una bolsa plástica o en frascos; después de la inoculación el BT se desarrolla sobre el sustrato. El contenedor puede ocasionalmente ser agitado, para permitir que el sustrato del fondo se mueva a la parte superior proporcionando la aireación necesaria para el desarrollo del microorganismo. La economía de este proceso se basa en el medio de fermentación tiene que ser de bajo costo y tiene que soportar convenientemente la producción de la endotoxina.

La presencia de iones de calcio y magnesio mejoran la esporulación de la mayoría de bacterias formadoras de esporas. De modo que estos iones deben estar presentes en forma natural en los medios utilizados o deberán adicionarse

como un complemento. La humedad del sustrato se debe mantener entre 45 – 55%.

3.1.2.2 Producción sobre líquidos estáticos

3.1.2.3 Producción por cultivo sumergido

La fermentación líquida o sumergida es definida como la técnica de crecimiento de microorganismos en un medio líquido, donde todos los nutrientes se encuentran disueltos en el medio de cultivo y el proceso se lleva a cabo bajo condiciones físico-químicas controladas, este es el método más utilizado en la industria biotecnológica. La fermentación sumergida se realiza principalmente usando tres métodos de alimentación de sustrato: fermentación por lotes, fermentación en lote alimentado y fermentación en cultivo continuo.

3.2 SELECCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCION DE BT

En comparación con la fermentación sólida y en líquidos estáticos, la fermentación en cultivo sumergido presenta ventajas como: se obtiene un producto más homogéneo; es más sencillo el control de factores de fermentación como la temperatura, aireación, agitación y pH; presenta mejor distribución de oxígeno y del calor suministrado al sistema y se puede llevar a cabo la medición directa de la biomasa.

3.3 DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO

3.3.1 Aislamiento e identificación de BT

La mayoría de los procedimientos para los aislamientos de bacillus con actividad entomopatogena, incluye un pre-tratamiento de pausterizacion de las muestras destinado a la eliminación de la flora vegetativa presente en la misma sin afectar la viabilidad de la mayoría de las esporas. Siendo esta la primera etapa selectiva del proceso.

El tratamiento con calor: se llevan a una temperatura entre 60-65°C las suspensiones de la muestra en solución salina o en agua corriente durante 60 min. *Bacillus thuringiensis* se distingue solamente por la formación de los cuerpos paraesporales visibles al microscopio. Se corrobora la presencia de la especie *thuringiensis* mediante la determinación de la presencia del cuerpo paraesporal o cristal.

La función de Gram es un tipo de función diferencial empleado en microbiología para la visualización de bacterias. Se utiliza tanto para poder referirse a la morfología celular bacteriana como para poder realizar una primera aproximación a la diferenciación bacteriana, considerándose Bacteria Gram positiva a las bacterias que se visualizan de color violeta y Bacteria Gram negativa a las que se visualizan de color rosa (Medrano, 2000).

Si es aerobio, esporulado y Gram positivo, es del género *Bacillus*, ahora, para afinar más e intentar dar con la especie, hacemos, cuatro pruebas bioquímicas. La primera de ellas es la de Voges-Proskauer en la que se busca la presencia de acetona a acetil-metil carbonil. Con la segunda de las pruebas se trata de saber si fermenta a la glucosa con resultado negativo a la producción de ácido y de gas; pruebas que se hace con rojo de metilo y se deslinguen la coloración y se diferencia negativo y positivo, negativo (amarillo) positivo coloración roja. La última de las pruebas bioquímicas consiste en investigar la producción o no de la α -amilasa que es la enzima que hidroliza almidón. Nuestro bacilo es Gram⁺, esporulado con espora central, elipsoidal que deforma el esporangio, V-P⁺, amilasa⁺, ácido⁺, gas⁻. Según la tabla podría ser: *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus cycoides*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus thuringiensis* o *Bacillus anthracis* (Sauka & Benintende, 2008).

La presencia del cristal paraesporal es la característica más importante para la identificación de *Bacillus thuringiensis*, se determina por tinción, es decir, se prepara un frotis delgado de la solución de *Bacillus thuringiensis* sobre un vidrio porta objetivos, secándolo a

temperatura ambiente y luego, exponiéndolo suavemente a la llama del mechero.

Totalmente identificado se incuba por una semana a 30°C y luego se almacena a 4°C hasta por tres meses, después del cual se puede sub-cultivar y comenzar su propagación en laboratorio.

3.3.2 Propagación en laboratorio

Para la primera etapa de propagación se utilizará un medio enriquecido completo propuesto por Anderson, que contiene: Glucosa 9.77 g.L⁻¹; extracto de levadura 4.62 g.L⁻¹; peptona 4.62 g.L⁻¹; (NH₄)₂SO₄ 1 g.L⁻¹; KH₂PO₄ 3.4 g.L⁻¹; K₂HPO₄ 4.15 g.L⁻¹; MgSO₄·7H₂O 0.3 g.L⁻¹; CaCl₂·2H₂O 0.106 g.L⁻¹; Fe-Citrato 0.075 g.L⁻¹; ZnSO₄·7H₂O 0.0075 g.L⁻¹; CuSO₄ 0.0045 g.L⁻¹; MnSO₄·7H₂O 0.05 g.L⁻¹. El costo por litro de este medio es de 1.8 dólares (Anderson, 1990).

Para las siguientes de propagación en laboratorio se comenzara utilizar el medio industrial: suero de leche y melaza en proporción en volumen de 10% de melaza de 90°Brix. El suero y la melaza se considera sustratos complejos y disponen de las distintas sales y nutrientes necesarios para el desarrollo del BT.

3.3.3 Pre-fermentación

En esta etapa se prepara biomasa de BT que será el inóculo para el fermentador principal. Aquí se comienza emplear el medio formulado de suero de lecho y melaza. El tiempo de producción de biomasa esta entre 16 -18 horas, después del cual debe ser transferido a al fermentador principal. En el fondo del pre-fermentador se dispone de un anillo de aireación que en conjunto con el sistema de agitación se debe abastecer con suficiente aire para el desarrollo óptimo del BT. Se recomienda en forma práctica que el volumen de aire usado deberá corresponder a la mitad o a todo el volumen del medio de cultivo.

El volumen del pre-fermentador debe ser del 5% del tamaño del fermentador industrial. Tanto en la etapa de pre-fermentación como en la

propia fermentación el medio de cultivo, es decir la mezcla melaza, suero de leche deben ser pasteurizados por procesos rápidos a alta temperatura.

3.3.4 Fermentación

Teniendo en cuenta que la fermentación es aeróbica se utiliza un flujo de aire de 0,033 L/L de medio/min. La agitación recomendada es de 500 rpm y la temperatura debe regularse a 30°C. Para el control de espuma se debe utilizar un antiespumante natural o un rompedor de espuma situado en la parte superior del biorreactor. El tiempo recomendado para la fermentación y desarrollo de la toxina es de 48 horas. Respecto al pH el BT crece adecuadamente en valores de entre 5,5 a 8,5. En general, el pH inicial debe ser de 6,8 – 7,2 pero baja después de la primeras 8 – 12 horas, hasta llegar a 5,0. Esta disminución, que sucede inmediatamente después de la inoculación, se debe al consumo continuo de azúcares que se van transformando en ácidos. Posteriormente se incrementa lentamente y al final el proceso tiene un valor aproximado de 8,0. Esta cinética es un buen indicador del proceso. Estos valores suceden en forma natural y se debe ajustar sólo al inicio, y en el proceso se debe tener cuidado que el pH no baje de 5,0.

La fase de crecimiento logarítmico de cualquier fermentación de bacterias es ese periodo durante el cual el organismo está creciendo vigorosamente y se está dividiendo rápidamente. Esta fase dura entre 16-18 horas. La esporulación se completa a 20 – 24 horas después de la inoculación, si bien las células todavía no han lizado. La etapa de lisis se completa entre las 35 – 40 horas. La presencia de iones de calcio y magnesio de la melaza y suero de leche mejora la esporulación. El cristal, es decir la proteína tóxica se comienza a sintetizar al final de la etapa de crecimiento logarítmico al mismo tiempo que se va formando la espora.

La concentración de proteína toxina en el medio de cultivo que se puede alcanzar varía entre 1.04 a 2.4 g/L. La concentración de biomasa alcanzada con diferentes medios es de 1.96 a 2,05 x 10⁹ células/ml. Estos

valores se logran a una velocidad de 30.27 a 50,03 mg de proteína toxina/L/h (Rahbani et al., 2014).

La cantidad de proteína tóxica en el BT representa entre 20 a 30% en peso base seca.

3.3.5 Separación

Las grandes cantidades de bacterias formadas se fácilmente recuperadas por un secado spray. Para llegar a obtener bacterias en polvo por secado spray primero se centrifuga para separar las bacterias del mosto fermentado, obteniéndose una crema de bacterias. La crema contiene entre 40 – 60% de líquido extracelular. Para mejorar la performance de la centrifuga se puede utilizar coagulantes.

A la crema de bacterias obtenida se la adiciona 10% de lactosa y 1% de un agente humectante, y se ajusta el contenido total de sólidos a aproximadamente 20%. Con esta concentración de sólidos se somete a un secado spray a una temperatura de entrada entre 125 – 159°C y una temperatura de salida de 60 a 85°C. El agente humectante puede ser Tween 20 o aceite refinado de salvado de arroz.

3.3.6 Formulación y almacenamiento

Según la presentación comercial que se usa en nuestro país el producto final contiene 6.4% de BT y el resto 84.6% de aditivos que incluye materiales humectantes, protectores de rayos UV; anti-apelmazantes, y otros que se detallan en el ítem 3.4.4. La formulación obtenida tiene aproximadamente 55% de capacidad de suspensión, 25 segundos para el tiempo de humectación, y 5.69×10^4 CFU/ml. Las condiciones de almacenamiento óptimo para mantener las toxinas extremadamente estables son pH neutro y 4°C. Sin embargo, es bastante estable a temperatura ambiente. La toxina que se expone a pH altos como mayores a 10.8 inmediatamente se desnaturaliza.

3.4 BALANCE DE MASA

La producción anual de BT comercial será de 900 toneladas, equivalente a una producción diaria de 3 toneladas o 125 kg/hr. El diagrama de bloques se presenta a continuación en la Figura 4.1.

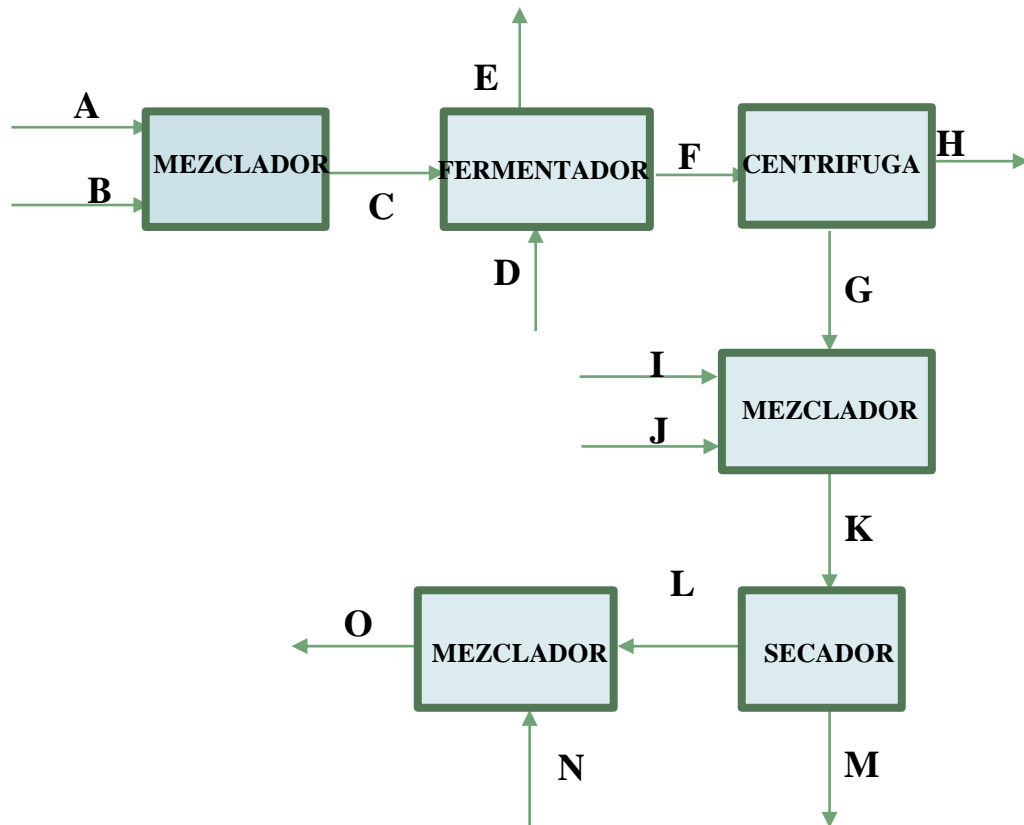


Figura 4.1 El diagrama de bloques, elaboración propia

3.5 BALANCE DE ENERGIA

Energía térmica: se consume solo en el pasteurizador con una potencia de la caldera de 60 kW, que equivale a un consumo de gas de 2 kg/hr.

Energía eléctrica: se consume en los mezcladores, bombas para suero y melaza, alimentación al pasteurizador, centrifuga, llenadora de sólidos, mezclado y aireación del fermentador, y otros equipos que se detallan en el Apéndice. El Consumo aproximado es: 150 kW.

Tabla 4.1

Balance de masa de la producción de Bacillus thuringiensis a partir de suero de leche, kg/hr

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Suero completo	459,195		459,195												
Melaza completa		69,345	69,345												
Oxígeno				1,056	0,106										
Nitrógeno				3,476	3,476										
Suero agotado						455,670	2,692	452,974			2,696		2,696		
Melaza agotada						65,820	15,970	49,849			15,970		15,970		
BT puro						8,00	8,00				8,000	8,000			8,000
lactosa									2,667		2,667	2,667			2,667
TW										0,267	0,267	0,267			0,267
Agua									25,069		25,069	0,223	24,846		0,223
Aditivos														113,844	113,844
Total	459,195	69,345	528,54	4,532	3,582	529,490	26,667	502,823	27,36	0,267	54,669	11,156	43,513	113,84	125,00

Producción anual: 900 000 kg de bioinsecticida grado comercial

Operación continua: 300 días al año

Producción horaria: 125 kg/hr

Rendimiento: 4,22 8 kg de mezcla suero – melaza para producir 1 kg de BT comercial

3.6 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS DE PROCESO

En esta sección, basándose en los resultados del balance de masa, se selecciona o diseña los principales equipos de proceso que permitirán producir BT a partir del suero de leche.

3.6.1 Tanque almacenar suero



Tipo: cilindrico vertical, fijado directamente en base de hormigón.

Cantidad: uno

Volumen de trabajo: 21 545 m³

Volomen de diseño: 25 m²

Dimensiones: diametro 2600 mm, altura, 4709 mm

Material: acero inoxidable AISI 304, pulida 2B de origen

Otras características:

interiormente costuras y cantos de Construcción sanitaria, fondo plano inclinado, escalera de acceso a parte superior, cuplas para detectores de nivel, lanza para limpieza química con brida extraíble y venteo, boca de inspección inferior con tapa abatible,

3.6.2 Tanque almacenar melaza



Tipo: cilindrico vertical, fijado directamente en base de hormigón.

Cantidad: uno

Volumen de trabajo: 6,7 m³

Volomen de diseño: 7,7 m²

Dimensiones: diametro 1800 mm, altura, 3026 mm

Material: acero inoxidable AISI 304, pulida 2B de origen

Otras características:

Interiormente costuras y cantos de construcción sanitaria, fondo plano inclinado, escalera de acceso a parte superior, cuplas para detectores de nivel, lanza para limpieza química con brida extraíble y venteo, boca de inspección inferior con tapa abatible.

3.6.3 Tanque mezclador suero-melaza



tipo: mezclador centrífugo directo

modelo: MCD TURMIX, del fabricante SIMES

Cantidad: uno

Volumen: 50 litros

Tiempo de mezclado: 5 minutos

Características

Construcción sanitaria en acero inoxidable AISI 304, acepta líquidos y polvos, se instala con dos tanques adicionales para recirculación (Ver Apéndice), apto para limpieza CIP, acople directo al motor (2 HP), con bomba para impulsión.

3.6.4 Pausterizador de mezcla suero-melaza



Tipo: pasteurizador compacto

Modelo: PA 500 Gas, fabricante: Voran Machinery

Cantidad: uno

Sistema: de calentamiento y enfriado de alta precisión (0,3°C).

Capacidad máxima: 500 litros/hr

Potencia máxima de caldera: 60 kW

Conexión eléctrica: 230V/50 Hz, monofásico

Dimensiones: 1400 mm ancho, 1827 mm altura y 900 mm de profundidad.

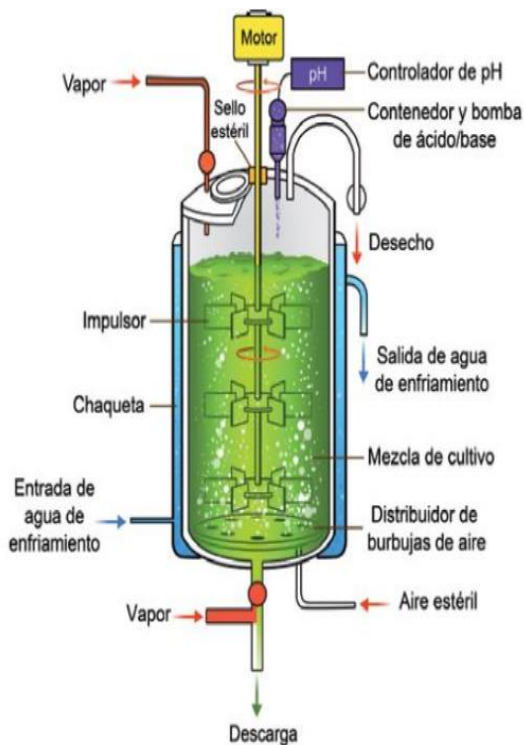
Consumo de gas: 2 kg/hr

Conexión de tubo de gas: DN 200

Conexión para entrada de mezcla: 25 mm diámetro

Conexión para salida de mezcla: 19 mm diámetro

3.6.5 Fermentador principal



Tipo: tanque vertical con aireación

Cantidad: tres

Dimensiones principales:

Volumen: 10 m³

Altura: 3075 mm, diámetro:
2050 mm

Ancho baffle: 205 mm

Agitador: 100 rpm, tipo

Turbina Rush ton

Potencia del agitador: 5 kW

Potencia del compresor: 6

HP

Material: acero inoxidable

AISI-316L

Otras dimensiones: Apéndice.

Características: agitación por el fondo, filtro auto estéril para el aire, filtro cerámico para salida de aire, puerto de inoculación, válvula de muestreo, adición de medios, sistema de limpieza CIP.

3.6.6 Centrifuga



Tipo: decantador centrifugo

Modelo: S3E-3, fabricante FLOTTWEG

Dimensiones principales:

Diámetro del tambor: 300 mm

Velocidad del tambor: 7750 rpm

Material construcción: AISI 316

Potencia del motor del tambor: 15 kW

Potencia accionamiento sin fin: 4 kW

Características: diseño higiénico con limpieza CIP, alto volumen de clarificación, rodete ajustable del exterior y sin necesidad de parar la máquina, superficies electro-pulidos.

3.6.7 Tanque mezclador BT-Tw- lactosa



Tipo: mezclador sólido – líquido de laboratorio

Modelo: Mini – Cyclomix, fabricante, HOSOKAWA MICRÓN LTD.

Dimensiones:

Tambor: 1 litro de capacidad

Motor: 0.5 HP

Características: mezclado perfecto con el uso de paletas y cuchillas. Diseño higiénico, construido en acero inoxidable pulido.

3.6.8 Secador spray



Tipo: secador spray de laboratorio

Modelo: ZYG-50, fabricante Changzhou Ruide Drying Engineering Technology Co., Ltd.

Dimensiones:

Potencia eléctrica para calentamiento: 99 KW

Temperatura aire entrada: 150°C

Longitud: 8000 mm, ancho, 5000 mm y alto 7400 mm

3.6.9 Mezclador de solidos



Incluye: micro dosificadores y mezclador de sólidos

Microdosificador:

Cantidad: siete

Capacidad: 20 kg/hr

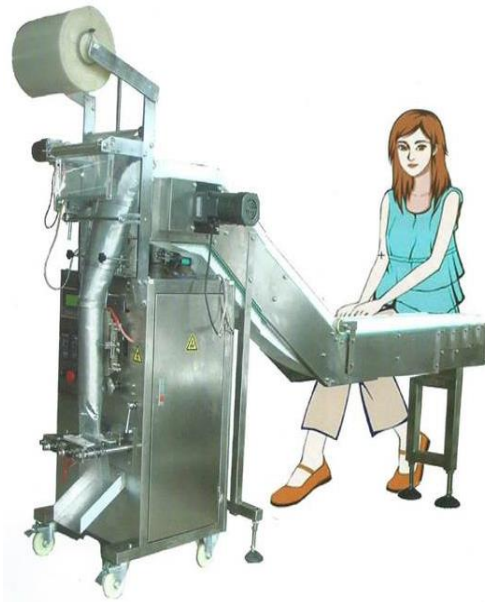
Modelo: MDM, fabricante, SOTECMA

Pesaje para dosificación gravimétrica automática.

Con motorreductdor, fabricado en acero al carbono, con brida de acoplamiento a boca de mezclador.

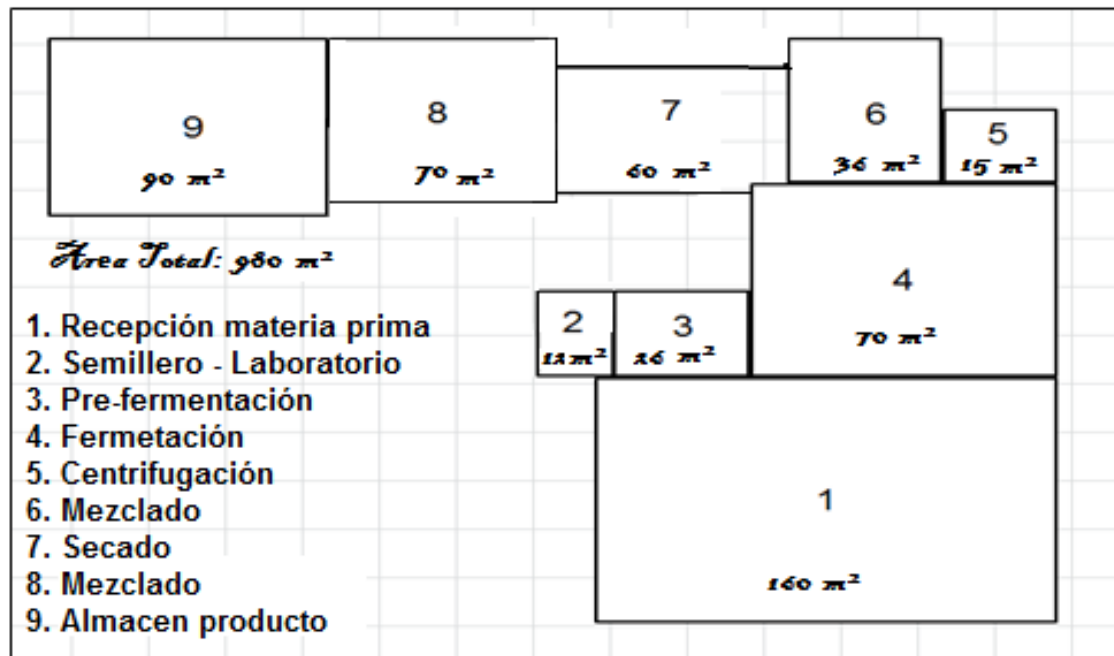
Mezclador:

Tipo: Bi-cónico en V
 Modelo MV, fabricante INOXPA
 Volumen de trabajo 15 litros
 Tiempo entre carga y carga: 5 minutos
 Velocidad de mezcla: 5 a 20 rpm
 Sistema de control automático
 Construido en acero inoxidable 304.

3.6.10 Llenadoras de solidos

Tipo: armado de bolsa, dosificadora y sellado de sólidos en envase plástico.
 Modelo: FDK-500, fabricante Américas Maquinaria
 Características:
 Consumo: 2,2 kW
 Capacidad: 15 – 45 ppm
 Control de mando: PLC
 Rango de empaque: 50 – 500 gramos
 Dimensiones de la máquina: 750 x 1700 x 2600 mm

3.7 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA



3.8 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

El suero que se genera en la elaboración de quesos tiene un DBO del orden de 40000 a 50000 mg O₂/L y se considera que una granja que procese unos 100 m³/día de leche para la elaboración de queso, genera la misma contaminación que un núcleo de 55000 habitantes (Condorchem Envitech, 2015).

Existen formas tratar el suero antes que se disponga en los ríos o desagües. En los países productores de quesos, como Perú, no existen los medios adecuados para eliminar directamente el suero. A pesar de su utilización en la industria porcina, la dilución en agua es la forma más común de eliminación, donde constituye un problema grave, debido a la fermentación de materia orgánica (lactosa y materia asociada), y debido a la disminución del tenor de oxígeno soluble en el agua. En ese sentido, es indispensable el tratamiento del suero, antes de ser eliminado y que constituya un grave contaminante. En la ciudad de Cajamarca existe una probada ausencia del aprovechamiento e industrialización del lacto suero, el que además causa alta contaminación de las causes de los ríos; si esta costumbre se mantiene se seguirá perdiendo la oportunidad económica que brinda este subproducto y se continuará dañando el medio ambiente (Ortiz, 2012).

La futura planta industrial utiliza un residuo de la industria de queso, que en este caso se le está dando un valor agregado al convertirlo en un producto valioso como es el bioinsecticida. Por lo tanto el suero queda con menos materia orgánica que tenía antes de ingresar al fermentador principal. Definitivamente gracias a la producción de BT se disminuye la DBO del suero y el producto obtenido tiene un gran valor comercial.

El líquido que sale de las centrifugas y que se dispone al desagüe tiene menos contenido de materia orgánica que cuando se inició el proceso. Por lo tanto el impacto ambiental esperado es menor.

Residuos sólidos existen muy pocos excepto los envases de los insumos que se adicionan para formular el producto final.

Los equipos tienen en su mayoría sistema de limpieza CIP con el consumo mínimo de reactivos químicos y por lo tanto los efluentes líquidos no representan un peligro de contaminación.

La contaminación gaseosa se presenta en los fermentadores que eliminan gases en pequeñas cantidades y que no representan peligro de contaminación. El pasteurizador que funciona con gas elimina gases de combustión, los cuales gracias a la chimenea no representa peligro de contaminación a las personas que trabajan en la planta.

En conclusión la instalación de la futura planta industrial no representa un peligro de contaminación, todo lo contrario los efluentes líquidos tendrán menos contenido de materia orgánica que cuando ingresaron.

CAPITULO III

4. ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO

Durante el presente capítulo, se hace una descripción detallada del Balance Económico del proyecto, donde se evalúa la factibilidad económica del mismo.

La evaluación económica del presente proyecto obedece a la dinámica seguida por la mayoría de proyectos de Plantas de procesos de industria química. Según esto, se ha considerado dos aspectos importantes como la Estimación de la inversión total y Estimación del costo total de producción, para finalmente determinar la rentabilidad del proyecto.

Para las estimaciones se han usado los índices de Peters & Timmerhaus. Los costos han sido obtenidos **Matches** (Matches' Process Equipment Cost Estimates), institución que tiene actualizada para 2014 los precios de más de 275 equipos usados en la industria química.

4.1 Estimación de inversión total

La inversión total es el capital necesario para la ejecución del proyecto y se estima en **\$ 3 969 492**

La inversión total está constituida por el capital fijo total que asciende **\$ 2 795 293**; y un capital de trabajo u operación estimada en **\$ 1 174 2005**

Costo fijo

El costo fijo es de **\$ 2 795 293** y está formado por la suma de los costos directos y los costos indirectos de la planta.

❖ Costo directo o físico

EL costo directo es **\$ 2 362 688** y está constituido por:

- Costo total del equipo de proceso instalado.
- Costo total del equipo auxiliar de proceso instalado.
- Costo total de tuberías y accesorios.
- Costo total de aislamiento para tubería y equipo.
- Costo total de instrumentación.
- Costo de instalaciones eléctricas.
- Costo de edificios.
- Costo de estructuras.
- Costo del equipo analítico de laboratorio.
- Costo de terreno y mejoras.

❖ Costos indirectos

EL costo indirecto es **\$ 432 605** y está constituido por:

- Costo de ingeniería y supervisión.
- Comisión para contratistas.
- Imprevistos.
- Costos de construcción
- Costo de seguros e impuestos

A. Equipo principal de proceso

La estimación del costo de los equipos se realiza sobre la base de: Capacidad, características de diseño, tipo de material e información disponible sobre precios de los equipos para el año 2014 según la fuente Matches, El costo de instalación de equipo resume: Costo de mano de obra y gastos de construcción; se determina el costo del equipo por los factores de instalación recomendados por Peters & Timmerhaus, realizando algunas disminuciones por lo que el sistema completo es modular.

El costo FOB de equipo principal y auxiliar llega a **\$1 254 800.**

El costo CIF de equipo principal y auxiliar es igual a **\$ 1 631 240.**

Equipos colocados en Cutervo (en planta): **\$ 1 663 865.**

A. Costo de instalación de todos los equipos:

Se considera 15% del costo de los equipos puestos en la planta de cutervo, es decir: **\$ 249 580.**

Tuberías y accesorios

La estimación de costos se realiza teniendo en cuenta dimensiones y material de construcción, incluye el costo de compra y de instalación. 10% del costo del equipo total. Llega a **\$ 83 193.**

B. Instrumentación y control

Este renglón ha sido estimado según los costos unitarios de los principales equipos a usar en automatización de la planta. La planta es completamente automatizada. El costo es **\$ 83 193**.

C. Instalaciones eléctricas

Se estima de acuerdo a las recomendaciones dadas por P & T., siendo el 3% del costo de compra total del equipo puesto en cutervo, se obtuvo un valor de **\$ 49 916**.

D. Estructuras de la planta

El costo de estructuras incluye los costos de cimentación para el área de proceso a precios locales, este rubro está incluido en el costo de instalación de equipo principal y auxiliar.

E. Edificios

Constituido por los gastos de mano de obra, materiales y suministros para la construcción de todas las áreas edificadas de la planta.

La estimación es basándose en los precios que rigen las construcciones en el Perú, 275 dólares por m². Se estima que para laboratorio y oficina se requerirá 20 m². Se considera el 2% del costo de los equipos el costo es de **\$ 33 277**.

F. Terrenos y mejoras

El costo del terreno se ha estimado teniendo en cuenta el lugar y ubicación de la planta, comprende los costos de: preparación del terreno, asfaltado, veredas, sardineles y cercado de la planta. Se considera 10% del costo de todo el equipo.

El valor del terreno para nuestra planta es de **\$ 33 277**.

COSTOS DIRECTOS TOTALES

Es la suma del costo del equipo de la planta, más los costos de instalación, control e instrumentación, tubería y accesorios, sistema eléctrico, edificios, mejora de terrenos, servicios. Alcanza un valor de dólares de **\$ 2 362 688**.

G. Ingeniería y supervisión

Por ser un sistema modular, se considera el 10% del costo total de la planta puesta en cutervo. El valor asciende a **\$ 166 386**.

H. Costo de la construcción: se considera 10% del costo total de la planta. Asciende a **\$ 166 386**.

I. Comisión para contratistas

Este renglón considera el 2% del costo físico de la planta, **\$ 33.277**.

J. Imprevisto

Se ha considerado, **\$ 33 277**, con la finalidad de subsanar cualquier eventualidad que demande el gasto y que no se haya considerado dentro

del costo de construcción de la planta. Se estima como el 2% del costo total de la planta.

COSTOS INDIRECTOS TOTALES

Es la suma de los costos de ingeniería y supervisión, gastos de construcción, seguros e impuestos, honorarios para contratistas y gastos imprevistos. Alcanza la suma de **\$ 432 605**.

Inversión de capital fijo

Es la suma de los costos directos totales y los costos indirectos totales. Llega a **\$ 2 795 293**.

4.1.2 Capital de puesta en marcha o capital de trabajo

Este renglón abarca los gastos efectuados para realizar pruebas y reajustes del equipo del proceso antes de la operación comercial de la planta. Como período de puesta en marcha se considera que no excederá los tres meses. Se calculó un capital de **\$ 1 174 200**

Se considera que se va procesar en forma continua, los 365 días del año. Este rubro está constituido por los siguientes ítems:

- a) **Inventario de materia prima:** se considera compra para un mes de materia prima. Alcanza la suma de **\$ 299 699**.
- b) **Inventario de materia en proceso:** se considera un día del costo total de producción. En promedio es **\$ 12 000**.
- c) **Inventario de producto en almacén:** el producto se vende dentro de la misma planta, por eso motivo solo se considera costo de 6 días de producción. El valor alcanzado es **\$ 300 000**

- d) **Cuentas por cobrar:** equivale a un mes de ventas. Pero por los motivos expuestos en el ítem anterior llega a **\$ 487 500**
- e) **Disponibilidad en caja:** sirve para pagar salarios, suministros e imprevisto. Se considera 7 días de producción. Ascende a **\$ 75 000**.

LA INVERSION TOTAL: es la suma de capital fijo más el capital de trabajo, y alcanza el valor de **\$ 3 969 492**.

4.1.3 Estimación del costo de fabricación

El costo total de fabricación está constituido por el costo de manufactura y los gastos generales. El costo total anual es de **\$ 3 882 404** cuando la planta opera al 100% de su capacidad instalada.

A. Costo de manufactura

Este renglón incluye:

- Costo directo de manufactura.
- Costos indirectos.
- Costos fijos.

COSTO DIRECTO DE MANUFACTURA

Constituido por los costos de materia prima, mano de obra, supervisión mantenimiento y reparación de la planta, suministros para las operaciones y servicios auxiliares. El costo asciende a **\$ 3 882 404**.

a. Materia prima

La materia prima utilizada para la producción de etanol anhidro está constituida por el dióxido de carbono que se va a captar de la central termoeléctrica de Eten, agua de mar y nutrientes para la etapa de desarrollo de las algas. El costo total asciende a **\$ 2 918 563**.

b. Mano de obra

La operación de la planta requiere de obreros repartidos en tres turnos de 8 horas cada uno, este número de operarios ha sido estimado por el método Wessel, el cual se basa en el número de pasos principales del proceso, capacidad de producción y el grado de automatización.

El costo de mano de obra por año asciende a **\$ 936 000**.

c. Supervisión e ingeniería

En este renglón se considera todo el personal comprometido con la supervisión directa de las operaciones de producción de las distintas instalaciones, el costo de supervisión e ingeniería es de **\$ 187 200**.

d. Mantenimiento y reparaciones

Están comprendidos los gastos que se requieren para mantener la planta en óptimas condiciones de operación, y se estima como el 3% del capital fijo que es **\$ 594 791**.

e. Auxiliares y servicios

Se considera los gastos por conceptos de lubricantes, pintura, materiales de limpieza, agua, energía eléctrica, etc. para su estimación se ha considerado el 10% del costo anual de mantenimiento, cuyo costo es de **\$ 59 479**.

COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN

Comprende los gastos de laboratorio, cargas a la planilla y los gastos generales de la planta. Ascende a **\$ 91 728**.

a. Cargas a la planilla

Constituye todos los gastos por concepto de beneficios sociales. Se ha considerado como el 21% (**\$ 34 398**) de la suma de los Costos de mano de obra y supervisión.

b. Laboratorio

Comprende los costos de los ensayos de laboratorio para el control de las operaciones y el control de calidad del producto, así como también las remuneraciones por supervisión.

Costo: 15% del costo de mano de obra. Ascende a **\$ 24 570**.

c. Gastos generales de la planta

Lo conforman gastos destinados a satisfacer servicios, tales como: asistencia médica, protección de la planta, limpieza, vigilancia, servicios recreacionales, etc.

Se ha estimado como el 20% del costo de mano de obra. Ascende a **\$ 32 760**

4.1.4. Costos fijos de fabricación

Los costos fijos son independientes del volumen de producción de la planta, están formados por la depreciación, impuestos y los seguros. El total asciende a **\$ 419 294**.

a. Depreciación

El capital sujeto a depreciación es el capital fijo total excluyendo el costo del terreno. Para determinar se ha considerado el 10% del capital fijo **\$ 279 529.**

b. Impuestos

El pago de impuestos a la propiedad para zonas poco pobladas se considera el 4% del capital fijo total, **\$ 111 812.**

c. Seguros

Se ha considerado el 1% del capital fijo total, **\$ 27 953.**

4.1.5 Gastos generales (vai)

Comprende los gastos realizados por concepto de: administración, ventas y distribución, investigación y desarrollo. Y se ha tomado como el 6% de las ventas totales, **\$ 75 366.**

a. Administración

Comprende los gastos por derecho de salarios de funcionarios, contadores, secretarias, así como los gastos de gerencia de actividades administrativas. Se estima como el 35% del costo de la mano de obra, supervisión y mantenimiento. Ascende a **\$ 25 247.**

b. Ventas y distribución

Incluye los costos por derecho de publicidad para la venta del producto, así como los gastos para la distribución. Se estima como el 10 % del costo fijo de fabricación. Ascende a **\$ 41 929**

c. Investigación y desarrollo

Este renglón está encaminado a mejorar la calidad, proceso y en general para abaratar los costos de producción. Se estima como el 2% de la mano de obra, **\$ 8 190**

COSTO TOTAL DE FABRICACION: Es igual a la suma del costo de fabricación y los gastos generales (VAI). Asciende a **\$ 4 468 792**.

COSTO UNITARIO: la producción de 900.000 kg por año.
El costo unitario es de 4,9653 dólar/kg

4.1.6 Balance económico y rentabilidad

En el análisis de la rentabilidad del proyecto se considera el precio de venta en \$7,0 dólares el kg puesto en fábrica

A. Retorno sobre la inversión

Antes de Impuesto

Se expresa como la relación porcentual entre las utilidades antes de impuestos y de inversión total.

El retorno sobre la inversión antes de los impuestos obtenidos es de **37,17 %**, lo que demuestra la factibilidad económica del proyecto

Después del Impuesto.

Se expresa como la relación porcentual entre las utilidades después de impuestos y de inversión total.

El retorno sobre la inversión después de impuestos obtenidos es de **23,92 %**, lo que demuestra nuevamente la factibilidad económica del proyecto

B. Tiempo de recuperación de la inversión

Es el tiempo expresado en años, en que se recupera la inversión de capital fijo, operando la planta al 100% de su capacidad instalada.

El tiempo de repago antes de impuestos es de **1,88 años** y después de impuestos es de **2,35 años**.

D. Punto de equilibrio

Es el nivel de producción, en el cual no se obtiene ni pérdidas ni ganancias. Según los cálculos realizados el punto de equilibrio es 24,35% de la capacidad total de la planta.

Tabla 5.1*Inversión total del proyecto*

1.1	Capital Fijo Total				\$2 795 293
	1.1.1	Costos Directos		\$2 362 688	
		a. Costos de Equipo instalado	\$ 249 580		
		b. Costo de tuberías y accesorios	\$ 83 193		
		c. Costo de Control por instrumentación	\$ 8 .193		
		d. Costo de auxiliares y servicios	\$ 166 386		
		e. Costo de instalaciones eléctricas	\$ 49 916		
		f. Costos de edificios	\$33 277		
		g. Costo de terrenos y mejoras	\$33 277		
	1.1.2	Costos Indirectos		\$432 605	
		a. Costo de Ingeniería y Supervisión	\$166 386		
		b. Costos de construcción	\$166 386		
		c. Costo de honorarios para contratistas	\$ 33 277		
		d. Gastos imprevistos	\$33 277		
1.2	Capital de trabajo				\$1 174 200
	1.2.1	Inventario de materia prima		\$299 699	
	1.2.2	Inventario de materia en proceso		\$ 12 000	
	1.2.3	Inventario de producto		\$ 300 000	
	1.2.4	Cuentas por cobrar		\$ 487 500	
	1.2.5	Disponible en caja		\$ 75 000	
INVERSIÓN TOTAL DE PROYECTO					\$3 969 492

Tabla 5.2*Costo total de fabricación*

1.1	Costos de fabricación		\$ 7 857 098
	1.1.1 Costo directo de fabricación		\$4 755 512
	a. Costo de materia prima	\$ 2 918 563	
	b. Costo de mano de obra	\$ 936.000	
	c. Costo de supervisión e ingeniería	\$ 187 200	
	d. Costo de mantenimiento	\$ 594 791	
	f. Costo de auxiliares y servicios	\$ 59 479	
	g. Costo de suministros de operación	\$59 479	
	1.1.2 Costos indirectos de fabricación		\$ 524 160
	a. Carga a planillas	\$ 196 560	
	b. Gastos de laboratorio	\$ 140 400	
	c. Gastos generales de planta	\$ 187 200	
	1.1.3 Costos fijos de fabricación		\$ 2 577 426
	a. Depreciación	\$ 1 982 635	
	b. Impuestos	\$ 396 527	
	c. Seguros	\$ 198 264	
1.2	Gastos generales		\$ 75 366
	1.1.2 Gastos V.A.I		\$ 75 366
COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN			\$4 468.79
TOTAL DE UNIDADES PRODUCIDAS POR			
	AÑO	900.000	kg/año
	COSTO UNITARIO DEL PRODUCTO	4,9653	dólar/kg

Producción anual	900,000	kg
Precio de venta por unidad	7,08	kg
Ingreso neto de ventas anuales	7 650.000	\$
Costo total de fabricación (producción)	4 468.792	\$
Utilidad Bruta	3 181.208	\$
Impuesto a la renta (30 %)	73.4125	\$
Utilidad neta	2 447.083	\$

Ingreso neto de ventas anuales = Producción anual * Precio de venta unitario

Utilidad Bruta = Ingreso Neto de Ventas Anuales - Costo Total de Fabricación

Utilidad Neta = Utilidad Bruta - Impuesto a la Renta.

Tabla 5.3*Análisis económico*

	Valor	Aceptable
a. Retorno sobre la Inversión antes del pago de impuestos	37,17 %	> 35 %
b. Retorno sobre la Inversión después del pago de impuestos	23,92 %	> 12 %
c. Tiempo de recuperación del dinero	2,35	< 5 años
d. Punto de equilibrio	24,25%	< 50%
e. Relación beneficio - costo	0,27	-----

CONCLUSIONES

- Al finalizar este proyecto se concluye que es rentable y el retorno sobre la inversión es de 23,92 % antes de impuestos, y de 37,17% después de impuestos; lo que conlleva a asegurar que es factible de instalar una planta de producción de *Bacillus thuringiensis* a partir de suero de la leche. .
 - Que existe un mercado asegurado para el consumo del producto, puesto que el bacillus thuringiensis tiene demanda insatisfecha en el futuro en el mercado local. Se estima que para el año 2025 el consumo potencial de BT sería de 4 500.000 kg al año.
 - La capacidad instalada será de 900.000 kg por año.
- La **factibilidad económica** de la planta se interpreta con los siguientes indicadores:
- La inversión total para la instalación de la planta de envasado de thurigiennsis de coso asciende a \$ 3 969.492
 - Punto Equilibrio del proyecto 24,25%.
 - Tiempo de recuperación de la inversión 2,35 años antes de impuestos
 - La tasa de retorno sobre la inversión es de 23,92 % después de los impuestos.
 - El costo por kg de BT es \$ 4,9653
 - El precio de venta por kg es \$ 7,08 colocado en fábrica.
 - La planta estará al cuidado del medio ambiente, disminuyendo el contenido de materia orgánica del suero de leche.
 - Nuestro precio de venta es aceptable para competir en el mercado. El precio es menor que el mercado que lo oferta en aproximadamente 9,0 dólares por kg.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda instalar la planta de producción de *Bacillus thuringiensis* en la ciudad de Cutervo, Cajamarca.
- Se recomienda cumplir con las recomendaciones de operación para no producir impacto negativo sobre el medio ambiente.
- Se recomienda obtener BT a partir de otros residuos industriales que contengan proteínas como son las sanguazas de las fábricas de envasado de pescado.

BIBLIOGRAFIA

- AGRHUSA – AGROBIOLOGICOS. 2011. BIOBT – *Bacillus Thuringiensis*. Hoja de Datos de Seguridad. Hoja 11 de 4.
- ALVES, L.F.A; ALVES, R.M; PEREIRA, D.M.; & CAPALBO, D.M.F. 2010. *Production of Bacillus thuringiensis* Berliner var.kurstaki Grown in Alternative Media. Biocontrol Science and Technology, 7:3, 377-384.
- ANDERSON T. 1990. Effects of carbon: nitrogen ratio and oxygen on the growth kinetics of *Bacillus thuringiensis* and yield of bioinsecticidal Cristal protein, M.Sc. Thesis, The University of Western Ontario, London, Canada.
- ARUNSIRI, A.T.; SUPHANTHARIKA, M. & KETUNUTI, U. 2003. Preparation of spray-dried wettable powder formulations of *Bacillus thuringiensis*-based biopesticides. *J. Econ. Entomol.*, 96(2): 292-9.
- BLAS, W.C.; RODRIGUEZ, S.J; HUAMAN, J.P.; VIGO, A.W.; & MOYA, F.W. 2011. Producción de biomasa de *Bacillus thuringiensis* H-14 var. israelensis mutante en un medio fermentativo a base de sanguaza. *Rebiol*, 31 (2).
- CALLEJAS, J. 2012. *Caracterización fisicoquímica de una lactosuero: potencialidad de recuperación de fosforo*. *Acta Universitaria*, 22(1), 11-18.
- CARRERA, C.M. 2009. *Producción de Bacillus thuringiensis, Berliner a nivel de laboratorio*. Tesis doctoral. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- CHANG, M., ZHOU, S.G., LU, N. AND NI, J.R. 2008. *Starch processing wastewater as a new medium for production of Bacillus thuringiensis*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24: 441-447.

- CONDORCHEM ENVITECH. 2015. *Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea*.
- CRICKMORE, N. 2005. *Beyond the spore – past and future developments of Bacillus thuringiensis as a biopesticides*. Journal of Applied Microbiology, 101: 616-619.
- DE LIÑÁN, C. 2003. *Farmacología Vegetal*. Ediciones Agrotécnicas, 1270 pp.
- DROKASA-PERU. 2014. Bacillus – *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki-WP. 32000 unidades internacionales de potencia por miligramo. Ficha Técnica.
- FERNÁNDEZ-LARREA, O. A. 1999. Review of Bt *production and use in Cuba*. Biocontrol News and Information 20(1):47-49.
- JELEN, P. 2003. *Whey processing. Utilization and products*. Encyclopedia of Dairy Sciences, 4: 2739 – 2745.
- ILLANES ANDRES. 2011. *Whey upgrading by enzyme biocatalysis*. Electronic Journal of Biotechnology. Disponible en <http://www.ejbiotechnology.info>.
- LINKOGRAFIA. <https://www.datosperu.org/comercio-externo-de-instituto-peruano-del-esparrago-y-hortalizas-20426275342-en-la-partida-38-en-la-operacion-de-importaciones-pagina-8.php>.
- MALDONADO BLANCO, MARIA G. *Producción y formulación de un bioinsecticida de Bacillus thuringiensis SUBSP, israelensis H-14 para el control de mosquitos culícidos en el noreste de México*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- MEDRANO, O. 2000. *Supervivencia de células vegetativas de Bacillus thuriengiensis en a espermofera-rizosfera de frijo*. TERRA. 18:333-337.
- MINAGRI 2015. *Producción Agroindustrial Alimentaria 2014*. Dirección de Estadística Agraria. Lima, Perú.

- MIPERU- Manejos Integrados Perú S.A. 2008. *Bacillus MiPeru WP. Bacillus thuringiensis var. Kurstake* > 32000 UI/mg.
- MOAZAMI, NASRINE. 2001. *Biotechnology – biopesticide Production*. Encyclopedia of Life Support Systems, UNESCO.
- ORTIZ, CUEVA, C.M. 2012. Estudio de factibilidad para la instalación de una planta industrial de lacto suero subproducto de las queserías en Cajamarca. Tesis pregrado. Universidad Privada del Norte, facultad de Ingeniería Industrial.
- PONCE MORENO, E.E. 1995. *Recuperación de cepas HD de Bacillus thuringiensis su propagación en 14 medios de producción y la evaluación de la actividad toxica contra Trichoplusia ni (Hübner) y Heliothis virescens (Fabricius)*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas, División de Estudios de Posgrado.
- POVEDA, E. 2013. *Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad*. Revista Chilena de Nutrición, 40 (4), 397-403.
- PROMPERU. 2013. *Desenvolvimiento del comercio exterior agroexportador*. Informe Anual, 2013.
- RAHBANI, J.M.; SALAMEH, D.; KALLASSY M.A.; BRANDAM, C. y LTEIF, R. 2014. *Evaluation of a cereal milling by-product for the low cost*
- Production of *Bacillus thuringiensis kurstaki* in submerged fermentation. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*, 1 (6): 10-16
- RUIZ, T. M.; & MONTIEL, B.A. *Efectos de las aplicaciones de Bacillus thuringiensis var. Kurstaki sobre la entomofauna del olivar en la provincia de Jaén*. Bol. San. Veg. Plagas, 31:89-109.

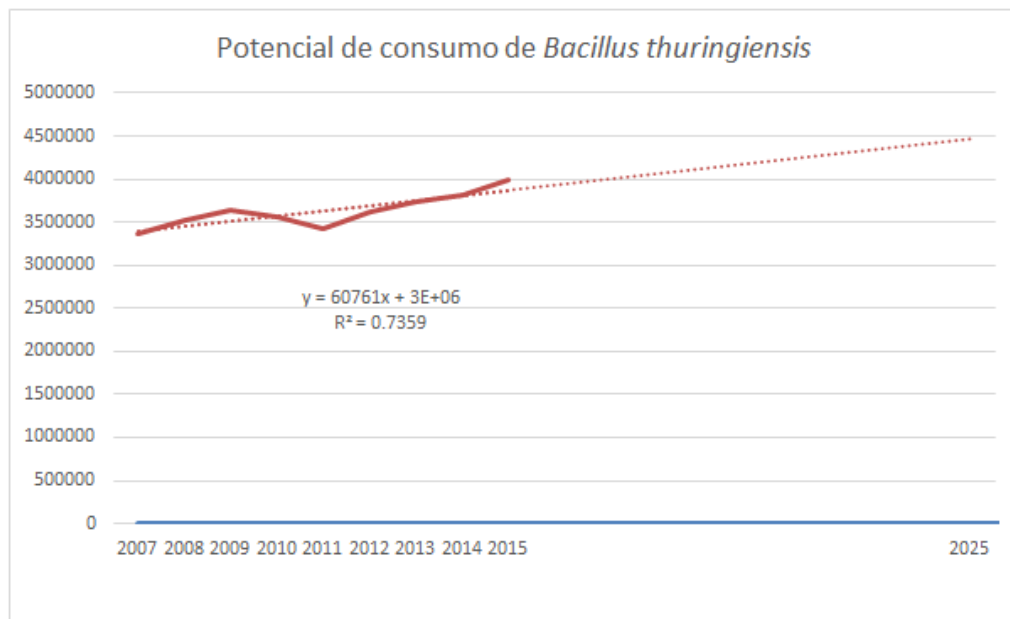
- SALAZAR, M.J.; HERNANDEZ, V.V.; ALVEAR, G.A.; ARENAS, S.I.; PEÑA, C.G. 2015. *Evaluation of industrial by-products for the production of Bacillus thuringiensis strain GP139 and the pathogenicity when applied to Bemisia tabaci nymphs. Bulletin of Insectology* **68** (1): 103-109, 2015
- SAUKA DIEGO; BENINTENDE GRACIELA. 2008. *Bacillus thuringiensis: generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas. Revista Argentina de Microbiología.* 40:124-140.
- SENASA. 2010. *Lista de plaguicidas agrícolas con registro cancelado.* Anexo 5. Lima, Perú.
- SCHNEPF E, CRICKMORE N, VAN RIE J, LERECLUS D, BAUM J, FEITELSON J. 2006. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiol Mol Biol Rev*; 62: 775-806.
- TABASHNIK B. 2004. *Evolution of resistance to Bacillus thuringiensis toxins. Ann Rev Entomol*; 39: 47-79.
- TELLEZ, D. 2004. *Caracterización de las melazas empleadas en el proceso fermentativo de la destilería San Martín – Industria de Licores del Valle. Universidad del Valle. Tesis pregrado. Bacteriología. Facultad de salud. Escuela de Bacteriología y Laboratorio clínico. Santiago de Cali. Cali, Colombia. 79 p.*
- ZOUARI, N., ALI, S.B. AND JAOUA, S. 2002. *Production of delta-endotoxins by Bacillus thuringiensis strains exhibiting various insecticidal activities towards Lepidoptera and diptera in gruel and fish meal media. Enzyme and Microbial Technology,* 31: 411-418.

APENDICE

1. ESTIMADO DEL POTENCIAL DE CONSUMO DE *Bacillus thuringiensis* 2007 -2015.

AÑO	AREA CULTIVADA A NIVEL NACIONAL Hectárea					Total de hectáreas	TOTAL ESTIMADO DE <i>Bacillus</i> <i>Thuringiensis</i> kg
	esparrago	pimiento	alcachofa	palto	maíz		
2007	23547	-	-	13603	523632	560782	3364692
2008	29758	-	-	14370	543082	587210	3523260
2009	29467	-	-	16292	559767	605526	3633156
2010	30896	-	-	17750	543748	592394	3554364
2011	33144	-	-	19339	518863	571346	3428076
2012	33063	-	-	23642	547527	604232	3625392
2013	33673	-	5445	27438	556699	623255	3739530
2014	31919	1626	5290	30320	567230	636385	3818310
2015	34894	2548	6945	33105	586487	663979	3983874
2015	5.255%	0.383%	1.045%	4.985%	88.329%	100%	

Proyección de la demanda potencial al 2025.



2. BALANCE DE MASA:

Datos:

Rendimiento: 16.15 g peso seco de BT/litro de medio (Salazar, y colaboradores, 2015).

Medio: 10 litros de melaza por 90 litros de suero de leche

Pasando a peso:

Densidad de la melaza: 1,4 kg/litro

Densidad del suero de leche: 1,03 kg/litro

En base a 100 litros de medio:

90 litros de suero = $90 \times 1,03 = 92,7$ kg

10 litros de melaza: $10 \times 1,4 = 14$ kg

Peso total: 106,7 kg

Densidad de la mezcla: $106,7/100 = 1,067$ kg/litro

Rendimiento en base a peso de medio:

$(16.15 \text{ g/L de medio}) \times (1 \text{ L medio}/1,067 \text{ kg}) = \underline{\underline{15,136 \text{ g BT/kg de medio}}}$

Composición en peso de los medios empleados:

Suero: $(92,7/106,7) \times 100 = 86,88\%$

Melaza: $(14/106,7) \times 100 = 13,12\%$

REQUERIMIENTO DE OXIGENO: 0,04441 g de O₂/litro/hr (Ponce, 1995).

Base de cálculo:

Producción anual: 900000 kg de bioinsecticida

Producción diaria: $900000/300 = 3000$ kg/día

Producción por hora: 125 kg/hr

Composición del producto:

Bacillus thuringiensis var. Kurstaki.....6, 4 %

Agente protector de rayos UV.....5 %

Agentes humectantes.....4%

Aditivos.....84,6 %

Producción neta de BT: $125 \times 0.064 = 8 \text{ kg/hr}$

Medio de cultivo necesario: CORRIENTES A y B

$8000 \text{ g BT} \times (1 \text{ kg medio}/15.136 \text{ g BT}) = 528,54 \text{ kg/hr}$

Suero: $528,54 \times 0,8688 = 459,195 \text{ kg/hr}$

Melaza: $528,54 \times 0.1312 = 69,345 \text{ kg/hr}$

Composición en peso del aire:

Oxígeno: 23,3%

Nitrógeno: 76,7%

Alimentación de oxígeno: CORRIENTE D

Flujo volumétrico de medio:

$528,54 \text{ kg/hr} \times (1 \text{ litro}/1.067 \text{ kg}) = 495,351 \text{ litros/hr}$

Tiempo de reacción: 48 horas

Volumen de reacción: $495,351 \times 48 = 23776,869 \text{ litros}$

Oxígeno alimentado:

$(0,04441 \text{ g de O}_2/\text{litro/hr}) \times 23776,869 \text{ litros} = 1055,93 \text{ gr/hr}$

Nitrógeno alimentado: $(1055,93/0,233) \times 0,767 = 3475.958$

gr/hr

Aire alimentado: $1055,93/0,233 = 4531,888 \text{ gr/hr} = 11.9 \text{ kg/hr}$

CORRIENTE E: se consume el 90% de oxígeno y el resto de aire sale como nitrógeno.

Oxígeno: $1,056 \times 0,10 = 0,1056 \text{ kg/Hr}$

Nitrógeno: $3,475 \text{ kg/hr}$

CORRIENTE F:

BT puro formado: $15,764 \text{ g BT/kg de medio} \times 528,54 = 8000 \text{ gr/hr} = 8,0 \text{ kg/hr}$

Oxígeno consumido: $0,90 \times 1,056 = 0,9504 \text{ kg/hr}$

BT producido por suero y melaza: $8,000 - 0,9504 = 7,0496 \text{ kg/hr}$

Aquí se supone los consumos: 50% de BT a partir de la melaza y 50% a partir del suero

A partir de melaza: $7,0496 \times 0,50 = 3,5248 \text{ kg/hr}$

A partir del suero: $7,0496 \times 0,50 = 3,5248 \text{ kg/hr}$

Melaza agotada: $69,345 - 3,5248 = 65,820 \text{ kg/hr}$

Suero agotado: $459,195 - 3,5248 = 455,670 \text{ kg/hr}$

Comprobación:

Masa C + Masa D = $533,071 \text{ kg/hr}$

Masa E + Masa F = $533,072 \text{ kg/hr}$

CORRIENTE G:

En la centrifugación se obtiene células con 60 – 70 de líquido extracelular. Se va a considerar 70%.

Bt puro: $8,0 \text{ kg/hr}$

Medio agotado: $(8/0.30) \times 0,70 = 18.667 \text{ kg/hr}$

Melaza agotada: $18.667 \times (65.820/455.670) = 1.733 \text{ kg/hr}$

Suero agotado: $18.667 \times (455.670/65.820) = 10.267 \text{ kg/hr}$

Total corriente G: 26.667 kg/hr

CORRIENTE H:

La diferencia:

Suero agotada: $455.670 - 2.696 = 542.974 \text{ kg/hr}$

Melaza agotada: $65.820 - 15.970 = 49.849 \text{ kg/hr}$

CORRIENTE I:

Lactosa: 10% de la crema de bacterias:

10% de $26.667 = 2.667 \text{ kg/hr}$

CORRIENTE J:

Tween 20: 1% de la crema de levadura:

1% de $26.667 = 0,267 \text{ kg/hr}$

Total de solidos: $8 + 2.667 + 0.267 = 10.934 \text{ kg/hr}$

Total de líquido: $2.696 + 15.970 = 18.666$ kg/hr

Total mezcla obtenida: $18.666 + 10.935 = 29.601$ kg/hr

Concentración de sólidos: $(10.934/29.601) \times 100 = 36,938\%$

Se debe agregar agua para alcanzar una concentración de 20%

$$(10.934/x) = 0,20$$

$$X = 54,67 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Agua faltante: } 54,67 - 29,601 = 25,069 \text{ kg/hr}$$

CORRIENTE K:

Es la suma de las corriente I, J y G, debe contener 20% de sólidos

BALANCE EN EL SECADOR:

Se obtiene un producto en polvo con 2% de humedad:

Sólidos:

BT puro: 8,0 kg/h

Lactosa: 2,667 kg/h

Tween: 0,267 kg/hr

Total: 10,934 kg/hr

Agua presente: $(10.934/0.98) \times 0.02 = 0.223$ kg/hr

Entonces **CORRIENTE M:**

Suero agotado: 2,696 kg/hr

Melaza agotada: 15,970 kg/hr

Agua: $25,069 - 0,223 = 24,846$ kg/hr

CORRIENTE N: son los aditivos de tal forma que el producto final tiene 6.4% de ingrediente BT puro.

Aditivos: $125 - 11,156 = 113,844$ kg/hr

Producto final: 125 kg/hr

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPO DE PROCESO

3.1 TANQUE DE ALMACENAR SUERO

Requerimiento horario: 459.195 kg/hr

Almacenamiento por dos días: $459,195 \times 2 \times 24 = 22041,36$ kg

Volumen de trabajo: $22041.36/1.023 = 21545.806$ litros

Volumen de diseño: por no tener agitación se considera 15% adicional

$$1,15 \times 21\,545,806 \times 1,2 = 24\,777,67 \text{ litros}$$

Se selecciona un tanque de 25 m³

Tipo de tanque: vertical

Dimensiones:

Diámetro: 2600 mm

$$\text{Altura: } (25 \times 4) / (3,1416 \times 2,5^2) = 4,709 \text{ m}$$

3.2 TANQUE DE ALMACENAR MELAZA

Requerimiento diario: 69,345 kg/hr

Para una semana de trabajo: $69,345 \times 24 \times 6 = 9985,68$ kg

Volumen de trabajo: $9\,985,68/1,49 = 6701,8$ Litros

Volumen de diseño: $1.15 \times 6701.8 = 7700$ Litros

Dimensiones:

Diámetro: 1800 mm

$$\text{Altura: } (7,7 \times 4) / (3,1416 \times 1,8^2) = 3,026 \text{ m}$$

3.3 TANQUE MEZCLADOR SUERO-MELAZA

Flujo total: $459,195 + 69,345 = 528,54$ kg/hr

Flujo volumétrico:

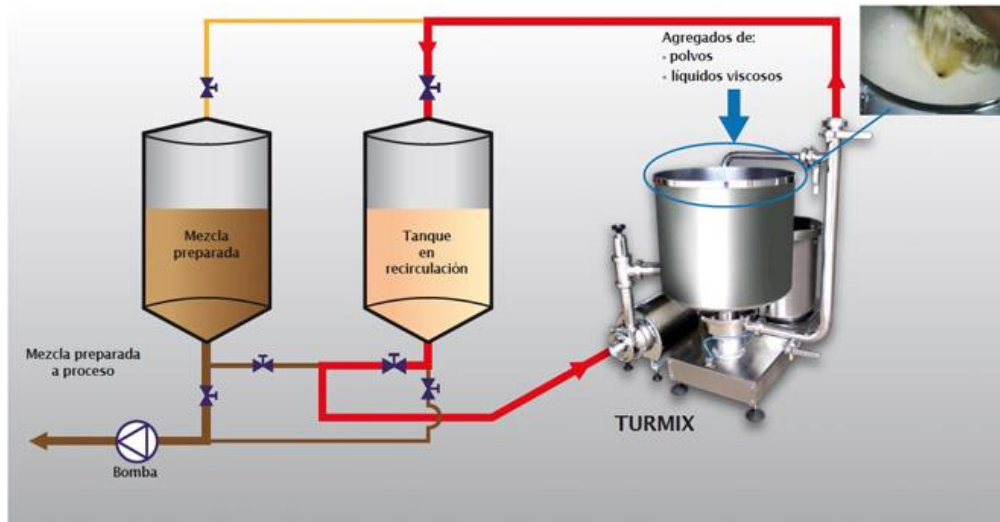
$$459.195/ 1.023 + 69.345/1.49 = 448.68 + 46.54 = 495.22 \text{ litros/hr}$$

Tiempo de mezclado: 5 minutos

Volumen del mezclador: $(495.22/60) \times 5 = 41.26$ litros

Selección: mezclador centrifugo directo de 50 litros

Esquema de funcionamiento:



http://www.simes-sa.com.ar/espanol/descargas/mezclador_centrifugo_directo_turmix.pdf

3.4 PAUSTERIZADOR DE MEZCLA SUERO-MELAZA

Flujo horario: 495,22 litros/hr

Del fabricante Voran Machinery:

	PA500 Gas	PA750 Gas	PA1500 Gas
Tipo	PA500 Gas	PA750 Gas	PA1500 Gas
Rendimiento máximo de hora en l/h a una temperatura de envasado de 80°C	500	750	1,500
Potencia máxima de caldera en kW	60	70	140
Conexión eléctrica*	230V/ 50 Hz (monofásica)	230V/ 50Hz (monofásica)	230 V/50Hz (monofásica)
Dimensiones (anchura/altura/profundidad) en mm	1400/1.827/ 900	1.400/1.827/ 900	1.715 /1.882/ 900
Peso seco /llenado en kg	332/432	359/459	500/600
Consumo de gas líquido y de aceite en kg/h	2-2,7	2-2,7	4-5,4
Conexión de tubo de gas	DN 200	DN 200	2x DN200
Conexión para entrada de zumo			Ø 25 mm
Conexión para salida de zumo			Ø 19 mm
Alcance del suministro	incluyendo 10 m de manguera de diám. 19 x 6 mm, llave de gancho, opción de cable MBF, etc. (véase la página 9)		

Se selecciona el modelo PA 500 gas: capacidad de pasteurización 500 litros/hr

3.5 FERMENTADOR PRINCIPAL

Flujo volumétrico: 495,22 litros/hr

Tiempo de fermentación: 40 horas

Tiempo de llenado, descarga y limpieza: 4 horas

Total tiempo requerido: $40 + 4 = 44$ horas

Volumen de trabajo: $495,22 \times 44 = 21\,789,68$ litros

Volumen de diseño: 30% adicional por sistema de agitación y aireación

$$21\,789,68 \times 1.3 = 28\,326,58$$

Se considera un total de: 30 m^3

Entonces se considera tres fermentadores de 10 m^3 , con un tiempo de llenado entre uno y otro de 14 horas y 40 minutos.

Dimensiones:

Utilizando programa para diseño de bioreactor:

Ingreso de datos:

DISEÑO DE UN BIORREACTOR TIPO TANQUE AGITADO

Con Turbina Rushton de Disco con 6 Palas Planas
Con 4 Baffles Simétricos

Ingrese los Siguietes Datos

Viscosidad (kg/m.s)	:	0.015
Densidad (kg/m ³)	:	1160
Volumen del Biorreactor (m ³)	:	7.1
Relación Altura/Diámetro	:	1.5
rpm del Agitador	:	100
Eficiencia del Motor (%)	:	90

Resultados:

SE USARA ☒ **TURBINAS RUSHTON**

Resultados		Características de Turbina	
Altura Biorreactor (m) :	<input type="text" value="3.075"/>	Diámetro Turbina (m) :	<input type="text" value="0.683"/>
Diámetro Biorreactor (m) :	<input type="text" value="2.05"/>	Diámetro Disco Turbina (m) :	<input type="text" value="0.455"/>
Volumen Biorreactor (m3) :	<input type="text" value="10.1428"/>	Ancho de Cada Paleta (m) :	<input type="text" value="0.205"/>
Volumen Trabajo (m3) :	<input type="text" value="7.1"/>	Altura de Cada Paleta (m) :	<input type="text" value="0.171"/>
Altura Líquido (m) :	<input type="text" value="2.151"/>	Distancia Fondo Tanque a Turbina (m) :	<input type="text" value="0.8196"/>
Ancho Baffle (m) :	<input type="text" value="0.205"/>		
Separación Baffle a Tanque (m) :	<input type="text" value="0.041"/>		




Continuar



Salir

$K_L a$ (1/s) :	<input type="text" value="4.0224"/>
Oxígeno Disuelto : (mmol/L)	<input type="text" value="0.2826"/>
% del valor sat. del oxígeno :	<input type="text" value="106.64"/>

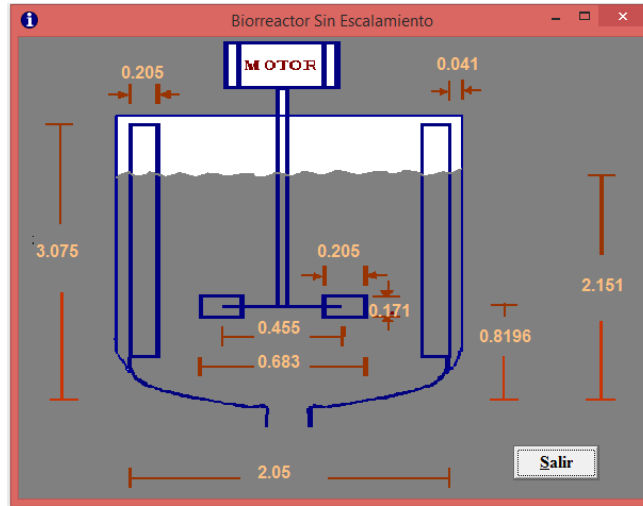
Caraterísticas de Flujo	
Número de Reynolds :	<input type="text" value="60125.249"/>
Régimen de Flujo :	<input type="text" value="TURBULENTO"/>
Número de Potencia :	<input type="text" value="5.6"/>



Ver Gráfico

Características del Motor	
rpm Agitador :	<input type="text" value="100"/>
Eficiencia Motor (%) :	<input type="text" value="90"/>
Potencia Real (kW) :	<input type="text" value="4.967"/>
Potencia Real sin aireación (hp) :	<input type="text" value="6.666"/>
Potencia Real con aireación (hp) :	<input type="text" value="3.3578"/>
Tiempo de Mezcla (s) :	<input type="text" value="29.415"/>
Flujo de aire (m3/s) :	<input type="text" value="0.1183"/>
Potencia compresor (hp) :	<input type="text" value="5.7659"/>

Desea hacer escalamiento (Scale Up o Scale Down)?



3.6 CENTRIFUGA

Flujo másico: 529.490 kg/hr (Corriente F)

Equipo decantador centrífugo del fabricante Flottweg – Separation

Technology:

(https://www.flottweg.com/fileadmin/user_upload/data/pdf-downloads/Sedicanter-ES.pdf)

Según catalogo:

Modelo	S3E-3	S4E-3	S6E-3
Diámetro del tambor	300 mm	470 mm	670 mm
Velocidad del tambor	7750 rpm	5000 rpm	3650 rpm
Velocidad diferencial	1.5 – 30 rpm	1.5 – 30 rpm	1.5 – 30 rpm
Materiales de construcción	Todas las partes en contacto con el producto son fabricadas en acero inoxidable de alta calidad, AISI 316 Ti (DIN 1.4571) y superior		
Dimensiones*	2304 x 700 x 752 mm	3222 x 1000 x 1200 mm	4527 x 1705 x 1270 mm
Peso bruto*	1210 kg	3100 kg	10530 kg
Potencia del motor para el accionamiento del tambor	15 kW	37 kW	75 – 132 kW
Potencia del motor para el accionamiento del tornillo sinfín	4 kW	5.5 kW	15 kW
Capacidad*	1 t/h	4 – 15 t/h	25 – 40 t/h
Diseño	capot abisagrado, juegos de toberas de enjuague dentro de la centrífuga y en el interior del tornillo, opcional: superficies electro polidos/versión estanca a gases		

* Los datos mencionados son valores orientativos. La capacidad real depende de las características del producto.

Se selecciona el modelo S3E-3 que tiene una capacidad nominal de 1000 kg/hr.

3.7 MEZCLADOR BT – Tw – LACTOSA

Flujo: 54.669 kg/hr

Solido: lactosa, 2.667 kg/hr

Mezclador de laboratorio: Mini-Cyclomix, de HOSOKAWA.

3.8 SECADOR SPRAY

Flujo total de entrada: 54.669 kg/hr

Flujo evaporado: 43,513 kg/hr.

Fabricante: Changzhou Ruide Drying Engineering Technology Co., Ltd.

(<http://es.rddryer.com/spray-dryer/24983123.html>)

lista de parámetro técnico secador de aerosol escala laboratorio:

model		ZYG-25	ZYG-50	ZYG-80	ZYG-100	ZYG-150	ZYG-200	ZYG-300
The moisture evaporation kg/h		25	50	80	100	150	200	300
Material liquid capacity (kg/h)		25 to 34	50-68.	80-80.	100-100.	150-150.	200-200.	300-300.
The content of the finished product (kg/h)		4,8 to 7,2	9,2-14	14,8 to 22,4	18,4-28	24-42	36,8 to 56,4	55-85.
Wet material solid content (%)		18 to 25						
Finished product moisture content (%)		3-5						
Electric power (kw)		63	99	132	153	204	246	330
The heating source		Steam + electricity						
Capture mode and efficiency		Secondary cyclone or level of cyclone and the wet precipitator at 95% or higher						
Automatic control instrument		Hot air temperature and exhaust temperature indicator, automatically adjust the temperature controller						
The inlet air temperature (°C)		150-150.						
The wind temperature (°C)		80-80.						
Overall dimensions (mm)	Long L	7000	8000	9800	11 000	12 200	14100	15 000
	Wide W	4000	5000	5700	6200	7000	7800	9000
	High H	6900	7400	8000	8900	10 000	11 000	12 000

Nota: dependiendo de los diferentes materiales cambian cuando algunos parámetros diseño será objeto de diseño.

Según el requerimiento se escoge el modelo ZYG-50.

3.9 LLENADORA DE SOLIDOS

La Empacadora FDK-500 para sólidos-gránulos está equipada con sistema controlado por PLC, servo motor, foto sensores y tiene su estructura en acero inoxidable.

CARACTERISTICA	DATO
Modelo	FDK-500
Consumo	2,2kw
Voltaje	220V/60HZ 2 Fases
Velocidad de Empaque (1 cuchilla)	15 - 45 paquetes x minuto
Controles de Mando	PLC
Películas compatibles	PE, BOPP, CPP, OPP, LAMINADOS
Rango de Empaque	50 – 500 gramos
Dimensión externa de la maquina	750mm x 1700x 2600mm
Peso de la Maquina	220 kilos

CARACTERISTICAS DEL EMPAQUE

La Empacadora FDK-500 para sólidos-gránulos está equipada con formador, codificador y sellado para realizar bolsas dentro de los siguientes parámetros

CARACTERISTICA	DATO
Ancho Máximo de la Película	320mm
Diámetro Máximo del Rollo	300mm
Ancho Mínimo	50mm
Ancho Máximo	150mm
Largo Mínimo	50mm
Largo Máximo	200mm

OTRAS CARACTERISTICAS NO INCLUIDAS

- **Fechador Neumático**
- **Banda de salida de producto terminado**

- **Compresor**
- **El equipo tiene garantía de 12 meses**

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA:

- Bomba de trasvase de suero al mezclador suero melaza: 1.5 Kw
- Bomba trasvase de melaza al mezclador suero-melaza: 1.5 kW
- Tanque mezclador suero-melaza: 1.5 kW
- Bomba del pasteurizador: 1.5 kW
- Mezclador del fermentador: 5 kW
- Bomba de trasvase de mezcla pausterizada al fermentador y pre-fermentadores: 1.5 kW
- Compresor de aire para el fermentador: 4.5 kW
- Centrifuga, tambor y accionamiento sin fin: 19 kW
- Mezclador BT- Tw-lactosa: 0.37 kW
- Secador spray: 99 kW
- Llenadora de sólidos: 2.2 kW
- Otros: 10 kW
- TOTAL: 147.57 Kw, se considera 150 kW.

EVALUACION ECONOMICA

COSTO DE EQUIPO PRINCIPAL Y AUXILIAR:

EQUIPO	PRECIO FOB 2016 DOLARES
1 Balanza de Plataforma, capacidad 10 ton	15 000
1 Tanque almacenar suero, 25 m ³ , inoxidable, incluye sistema de bombeo.	30 000
1 Tanque almacenar melaza, incluye sistema de bombeo, 7.7 m ³	9000
1 Tanque mezclador, con dos tanques auxiliares, 50 L	65 000
1 sistema de pasteurización-enfriamiento, automático	300 000
3 fermentadores, 10 m ³ , con sistema de agitación y aireación.	360 000
1 pre-fermentador, 1 m ³ , agitación y aireación	6000
1 decantador centrifugo, sistema de bombeo y control	150 000
1 tanque mezclado solido – líquido, miniclomix	45 000
1 secador spray	180 000
7 dosificadores de sólidos, con control automático	70 000
1 mezclador de sólidos, bi-conico en V	7000

1 llenador de sólidos	17 800
TOTAL	1 254 800

Costo FOB equipo principal y auxiliar: 1 254 800 dólares

Costo CIF de equipo principal y auxiliar:

$$1,3 \times 1\,254\,800 = 1\,631\,240 \text{ dólares}$$

Costo de entrega: 2%

$$1\,254\,800 \times 1,02 = 32\,625 \text{ dólares}$$

Costo de equipo principal y auxiliar colocado en la planta:

$$\text{Equipo planta: } 1\,631\,240 + 32\,625 = \mathbf{1\,663\,865}$$

dólares

Costo de instalación del equipo: por ser modular se considera solo el 15% del costo del equipo

$$CEInst = 0,15 \times 1\,663\,865$$

$$CEInst = 249\,580 \text{ dólares}$$

Costo de tubería y accesorios: los reactores traen sus sistemas de tuberías pre-instalados, se considera 10% del costo del equipo

$$CTubAcc = 0,05 \times 1\,663\,865 = 83\,193 \text{ dólares}$$

Costo de control por instrumentación: 5% del costo CIF del equipo principal

$$Cont. = 0,05 \times 1\,663\,865 = 83\,193 \text{ dólares}$$

Costo de auxiliares y servicios: 10% del costo CIF del equipo principal

$$CauxSer = 0,10 \times 1\,663\,865 = 166\,386 \text{ dólares}$$

Costo de instalaciones eléctricas: 3% del costo del equipo principal

$$CElec = 0,03 \times 1\,663\,865$$

$$CElec = 49\,916 \text{ dólares}$$

Costo de Edificios: 275 dólares por m². Se estima que para laboratorio y oficina se requerirá 20 m². Se considera el 2% del costo de los equipos

$$CCimEst = 0,02 \times 1\,663\,865 = 33\,277 \text{ dólares}$$

$$CCimEst = 33\,277 \text{ dólares}$$

Costos de Terrenos y Mejoras: se considera área para carretera, áreas verdes y poza de tratamiento. Se considera un factor de 1.2 para preparar el terreno. El costo por m² cuadrado se considera 30 dólares. Las mejoras también tienen un factor de 1,2. Se considera el 2% del costo de los equipos.

$$CTerrMej = 0,02 \times 1\,663\,865 = 33\,277 \text{ dólares}$$

COSTOS DIRECTOS TOTALES

$$CD = CEInst + CTubAcc + \text{Cont.} + CauxSer + CElec + CCimEst + CEdif + CTerrMej$$

$$CD = 2\,362\,688 \text{ dólares}$$

Estimación de los costos indirectos totales

Costos de Ingeniería y supervisión: 10% del costo de los equipos

$$C_{\text{Ingsup}} = 0,10 \times 1\,663\,865 = 166\,386 \text{ dólares}$$

Costos de construcción: 10% del costo de los equipos

$$C_{\text{Const}} = 0,10 \times 1\,663\,865 = 166\,386 \text{ dólares}$$

Costos de honorarios para contratistas: 2% del costo de los equipos

$$C_{\text{hon}} = 0,02 \times 1\,663\,865 = 33\,277 \text{ dólares}$$

Gastos imprevistos: 2 % del costo de los equipos

$$C_{\text{impr}} = 0,02 \times 1\,663\,865 = 33\,277 \text{ dólares}$$

COSTOS INDIRECTOS

$$CI = C_{\text{Ingsup}} + C_{\text{Const.}} + C_{\text{hon}} + C_{\text{impr}}$$

$$\mathbf{CI = 432\,605 \text{ dólares}}$$

CAPITAL FIJO TOTAL: Es la suma de costos directos, costos indirectos, capital de puesta en marcha e intereses de financiamiento.

$$CFT = CD + CI +$$

$$CFT = 2\,795\,293 \text{ dólares}$$

Inventario de Materia Prima:

	Materia prima o insumo	Flujo, kg/hr	Precio, dólares/kg
Materia prima 1	suero	459 195	0,06
Materia prima 2	Melaza	69 345	0,45
Materia prima 3	Lactosa	2,667	2,8
Materia prima 4	Tween	0,267	2,5
Materia prima 5	aditivos	113 844	3,8

Inventario de materia prima: se considera el dinero para un mes de operación. Se va operar 24 horas por día, en tres turnos. Seis días a la semana.

$$InvMatPri = 299\,699 \text{ dólares}$$

Inventario de Materia en Proceso: El costo de 1 día del costo de manufactura:

Producción: 125 kg/h

Costo Estimado del Producido = 4,0 dólares/kg

$$\text{InvMatPro} = 12\ 000 \text{ dólares}$$

Inventario de Producto: Se estima el costo de un mes de producción

$$\text{InvPro} = (7200/12) (\text{producto})(\text{Costo producto})$$

$$\text{InvPro} = 300\ 000 \text{ dólares}$$

Cuentas por cobrar: Se estima en base a ventas por una semana

PreSt = 6,5 dólares/kg Precio estimado del producto puesto en fabrica.

$$\text{Cuentas} = \text{Diames. } 24 \cdot \text{Porhora} 3 \cdot \text{PreEst}$$

$$\text{Cuentas} = 487\ 500 \text{ dólares}$$

Disponible en Caja: Se considera una semana del costo de producción

$$\text{DispCaja} = 24 \cdot 7 \cdot \text{Producto} \cdot \text{CostoProd}$$

$$\text{DispCaja} = 75\ 000 \text{ dólares}$$

CAPITAL DE TRABAJO: Es la sumatoria inventario de materia prima, inventario de materia en proceso, inventario de producto, cuentas por cobrar y disponible en caja.

$$CTra = InvMatPri + InvMatPro + InvPro + Cuentas + DispCj$$

$$CTra = 1\ 174\ 200 \text{ dólares}$$

INVERSION TOTAL DEL PROYECTO: Es la suma del capital fijo total y el Capital de Trabajo.

$$INVT = CFT + CTra$$

$$INVT = 3\ 969\ 492 \text{ dólares}$$

Estimación del costo de producción:

- a) **Costo de Materia Prima:** Es el costo para un año de producción, operando a 720 horas por año en forma intermitente, 300 días al año.

$$MatPri1 = 198\ 372 \text{ dólares}$$

$$MatPri2 = 224\ 678 \text{ dólares}$$

$$MatPri3 = 53\ 767 \text{ dólares}$$

$$MatPri4 = 4\ 806 \text{ dólares}$$

$$MatPri5 = 3\ 114\ 771,84 \text{ dólares}$$

$$CMP = MatPri1 + MatPri2 + MatPri3 + MatPri4 + MatPri5$$

$$CMP = 3\ 596\ 394,6 \text{ dólares}$$

- b) **Costo de mano de obra:** por ser una planta automatizada se a considerar 12 personas por turno, a un costo de 350 dólares al mes.

$$CMobra = 3 \cdot 12 \cdot 13 \cdot \text{Mes}$$

$$CMobra = 163800 \text{ dólares}$$

- c) **Costo de supervisión e ingeniería:** 20% del costo de mano de obra

$$C_{ing} = 0,20 \cdot 163\,800$$

$$C_{ing} = 32\,760 \text{ dólares}$$

- d) **Costo de mantenimiento:** 2% del capital fijo total.

$$C_{mant} = 0,02 \cdot CFT$$

$$C_{mant} = 55906 \text{ dólares}$$

- e) **Costo de auxiliares y servicios:** El 30% del costo de mantenimiento.

$$C_{aux} = 0,30 \cdot C_{mant}$$

$$C_{aux} = 16\,772 \text{ dólares}$$

- f) **Costo de suministros de operación:** 30% del costo de mantenimiento.

$$C_{sum} = 0,30 \cdot C_{mant}$$

$$C_{sum} = 16\,772 \text{ dólares}$$

COSTO DIRECTO DE FABRICACIÓN: Es la suma de los ítems a, b, c, d, e, f.

$$CDF = CMP + CMobra + C_{ing} + C_{mant} + C_{aux} + C_{sum}$$

$$\mathbf{CDF = 3\,882\,404 \text{ dólares}}$$

- g) **Cargas a planillas:** 21% de la mano de obra

$$C_{plan} = 0,21 \cdot CMobra$$

$$C_{plan} = 34,398 \text{ dólares}$$

h) Gastos de laboratorio: 15% del costo de mano de obra

$$Clab = 0,15. CMobra$$

$$Clab = 24\,570 \text{ dólares}$$

i) Gastos generales de planta: 20% del costo de mano de obra

$$Gen = 0,20. CMobra$$

$$Cgen = 32\,760 \text{ dólares}$$

COSTO INDIRECTO DE FABRICACIÓN: Es la suma de los ítems g, h, i.

$$CIF = Cplan + Clab + Gen$$

$$\mathbf{CIF = 91\,728 \text{ dólares}}$$

j) Depreciación: 10% del capital fijo total

$$Dep = 0,10. CFT$$

$$Dep = 279\,529 \text{ dólares}$$

k) Impuestos: 4% del capital fijo total

$$Imp = 0,04. CFT$$

$$Imp = 111\,812 \text{ dólares}$$

l) Seguros: 1% del capital fijo total

$$Seg = 0,01. CFT$$

$$Seg = 27\,953 \text{ dólares}$$

COSTOS FIJOS DE FABRICACIÓN: Se considera la suma de los ítems j, k, l.

$$\text{CFF} = \text{Dep} + \text{Imp} + \text{Seg}$$

$$\text{CFF} = 419\,294 \text{ dólares}$$

COSTO DE FABRICACIÓN: Es la suma de los costos directo de fabricación, Costo indirecto de fabricación y los costos fijos de fabricación.

$$\text{CFab} = \text{CDF} + \text{CIF} + \text{CFF}$$

$$\text{CFab} = 4\,393\,426 \text{ dólares}$$

GASTOS GENERALES, gastos VAI – Ventas, administración e investigación.

$$\text{Vent} = 0,10. \text{CFF} = 41929 \text{ dólares}$$

$$\text{Adm} = 0,35 \text{ CMobra} = 25\,247 \text{ dólares}$$

$$\text{Inv} = 0,05. \text{CMobra} = 8190 \text{ dólares}$$

$$\text{VAI} = \text{Vent} + \text{Adm} + \text{Inv}$$

$$\text{VAI} = 75\,366 \text{ dólares}$$

COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN: Es la suma de los costos de Fabricación y los Gastos Generales (VAI).

$$\text{CTF} = \text{CFab} + \text{VAI}$$

$$\text{CTF} = 4\,468\,792 \text{ dólares}$$

Total de unidades producidas al año corresponde a 900 000 kilogramos.

$$\text{NumProd} = 900\,000 \text{ kg/año}$$

$$\text{CostUnit} = \frac{CTF}{\text{NumProd}}$$

$$\text{CostUnit} = 496\,53 \text{ dólar/kg}$$

ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS:

Producción Anual

$$\text{Panual} = 900\,000 \text{ kg}$$

Precio de ventas por unidad

$$\text{Pventa} = 8,5 \text{ dólares el kg puesto en fabrica}$$

Ingreso neto de ventas anuales

$$\text{Ingventas} = 7\,650\,000 \text{ dólares}$$

Costo total de fabricación (producción)

$$\text{CTfabri} = \text{CFab}$$

$$\text{CTfabri} = 4\,468\,792 \text{ dólares}$$

Utilidad Bruta

$$\text{Ubruta} = \text{Ingventas} - \text{CTfabri}$$

$$\text{Ubruta} = 3\,181\,208 \text{ dólares}$$

Impuesto a la renta

$$\text{Imp Renta} = \frac{U_{\text{bruta}}}{1.3} \cdot 0.30$$

$$\text{Imp Renta} = 734\,125 \text{ dólares}$$

Utilidad Neta

$$U_{\text{neto}} = U_{\text{bruta}} - \text{Imp Renta}$$

$$U_{\text{neto}} = 2\,447\,083 \text{ dólares}$$

ANALISIS ECONOMICO

Tasa interna de Retorno, antes del pago de impuestos

P: inversión inicial:

A: ingreso neto de ventas:

VS: depreciación:

n: periodo en el que espera recuperar el dinero, 5 años

i: tasa interna de retorno

Aplicando la fórmula:

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] + \frac{VS}{(1+i)^n}$$

Se despeja el valor de i:

$$i = \%$$

Tasa interna de Retorno, después del pago de impuestos

U = utilidad neta, después de impuestos

$$P = U \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] + \frac{VS}{(1+i)^n}$$

$$i = 37,17 \%$$

Tiempo de recuperación del dinero:

Se aplica la siguiente formula:

$$TRI = \text{Inversión total} / (\text{U bruta} + \text{Depreciación})$$

$$TRI = 1.14 \text{ años}$$

Después de impuestos

Se aplica la siguiente formula:

$$TRI = \text{Inversión total} / (\text{U neta} + \text{Depreciación})$$

$$TRI = 1.46 \text{ años}$$

Punto de Equilibrio:

CFF

Costos Fijos:

Ingresos Anuales:

Costos variables: $Cvar = CFab - CFF$

$$Cvar = 1\,156\,425,649$$

Para no pierda ni gane el número de unidades que se debe producir será:

$$Q = \frac{CFF}{\frac{Ingventas}{Panual} - \frac{Cvar}{Panual}}$$

$$Pequilibrio = \frac{Q}{Panual} \cdot 100$$

$$Pequilibrio = 24,25\%$$

ANEXOS

Mercado mundial de bioinsecticidas

\$260MM estimated 2005 Sales
Projected to grow to \$350–\$400MM by 2015

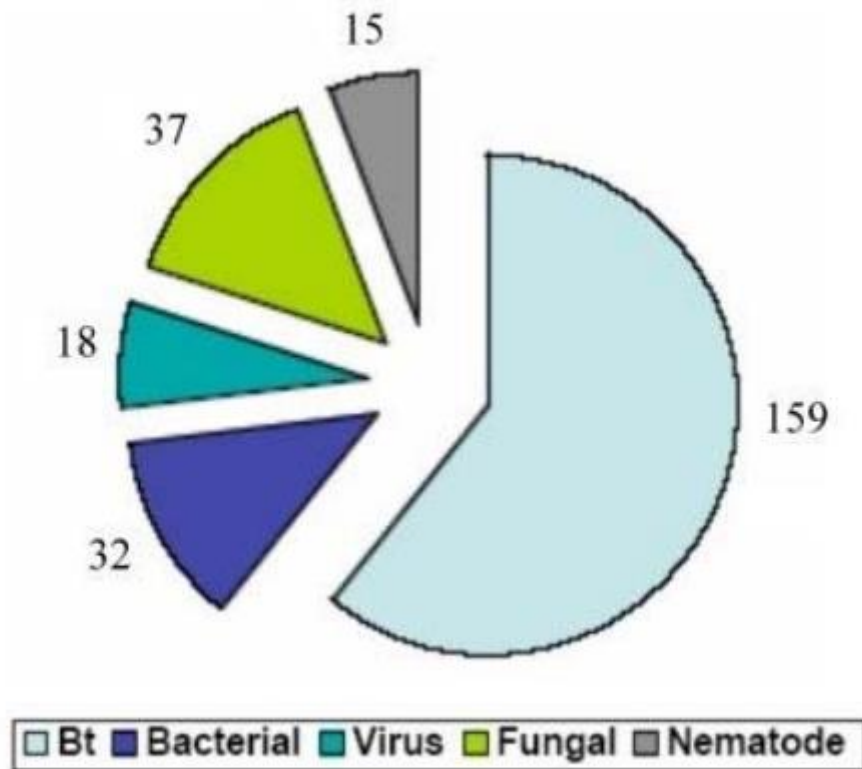


Figure 9: Global Biopesticide Market

<http://www.eolss.net/ebooks/sample%20chapters/c17/e6-58-05-08.pdf>