

Índice

Resumen	vii
I. Introducción.....	1
II. Justificación	2
III. Objetivos	3
A. Objetivo general del megaproyecto.....	3
B. Objetivo generalde este trabajo:.....	3
C. Objetivos específicos.....	3
IV. Antecedentes.....	4
V. Delimitación del proceso productivo	5
A. Descripción del proceso productivo:	5
B. Etapas del proceso productivo:	5
C. Localización del estudio:.....	13
D. Definición del estudio:.....	14
V. Análisis de costos del megaproyecto	15
A. Costos incurridos por la Universidad del Valle.....	15
1. Costos de laboratorio:.....	15
2. Costos de personal:.....	18
B. Costos incurridos por estudiantes:	19
1. Costos de universidad:.....	19
2. Costos de transporte:.....	21
C. Costos incurridos por el Ingenio Pantaleón S.A:.....	23
1. Costos de alimentación:	23
2. Renta de elementos de seguridad.....	23
3. Costo de laboratorio:.....	24
D. Resumen de costos incurridos:.....	25
1. Total aporte Universidad del Valle de Guatemala:.....	25
2. Total aportado por Ingenio Pantaleón:	26
3. Total aportado por estudiantes.....	27
4. Resumen de gastos y comparación de aporte:	27
VI. Análisis preliminar de factibilidad para la elaboración e implementación del proyecto en la industria.....	29

A. Conceptos básicos:.....	29
B. Estimación de la Inversión Inicial:.....	31
C. Estimación del Flujo de Efectivo:	31
D. Resultados:.....	33
1. Obtención del tiempo de recuperación de la Inversión Inicial:	33
2. Relación Beneficio/Costo del Proyecto:.....	34
3. Árbol de Decisión:	34
VII. Elaboración de material audio visual.....	36
VIII. La dinámica de mejora continua del megaproyecto.....	37
IX. Conclusiones.....	38
X. Recomendaciones	39
Bibliografía	40
Anexos y/o Apéndices	41

Resumen

La finalidad de este trabajo es la de estimar preliminarmente los costos incurridos por todas las partes involucradas en el megaproyecto, y además, la elaboración del material audiovisual de apoyo para la inducción de estudiantes que en el futuro participen en el mismo. La estimación de los costos persigue además apoyar el financiamiento del siguiente segmento del proyecto y, por lo tanto, su continuidad. También se realizó un análisis económico de los primeros componentes del sistema, buscando así el enlace necesario con el trabajo realizado por el grupo anterior, aportando además profundidad y especificidad en un segmento de la materia tratada.

Los aportes cuantificados fueron de: 53.53% por parte de la Universidad del Valle de Guatemala, 43.51% por parte de los estudiantes participantes y 2.96% correspondientes al Ingenio Pantaleón, lo que sumado constituye un costo total del megaproyecto que asciende a Q. 250,385.97.

Al realizar el análisis económico de la implementación de la prueba de resasurina, se concluyó que su aplicación en la industria azucarera es beneficiosa y contribuye a la reducción de costos en la misma, específicamente a nivel de los costos actuales de bactericida.

También se incluye la realización de un video documental como inducción al megaproyecto, que además de ser evidencia dinámica del trabajo del mismo, tiene la orientación de lograr dentro de la población estudiantil de la Universidad, la motivación de futuros participantes en el mismo, para contribuir a su continuidad.

I. Introducción

Este trabajo de graduación realiza un estudio económico de la implementación de un sistema de control microbiológico en la industria azucarera, específicamente el Ingenio Pantaleón, que a través de la Fundación Pantaleón se ha significado como un importante socio estratégico de la Universidad Del Valle de Guatemala, especialmente apoyando iniciativas innovadoras de investigación.

El jugo de caña, en las primeras etapas del proceso de fabricación de azúcar, como son los tandems de molienda, contiene agentes microbiológicos indeseables que deben ser medibles y controlados para reducir sus efectos negativos. Para esto se desarrolló un megaproyecto en el que participaron varios equipos multidisciplinarios, La inversión de tiempo fue de tres semestres completos para poder llegar a la fase de implementación práctica en la fábrica mencionada.

Se trabajó en cuatro aspectos principales: (1) Creación de metodología para la determinación de costos, (2) Evaluación preliminar de los costos durante la primera etapa del megaproyecto, (3) Análisis económico de los primeros componentes del sistema y (4) La elaboración del material audiovisual de inducción al megaproyecto.

El compromiso de elaboración de este trabajo, se define en congruencia con el lema de la Universidad del Valle de Guatemala, de trascender en busca de la excelencia y aspira a contribuir de manera significativa, a la implementación de procesos innovadores en la industria azucarera del país, documentando una experiencia pionera que marque el paso para futuras investigaciones en ésta y otras áreas de beneficio para Guatemala.

II. Justificación

Una de las grandes fortalezas que tiene Guatemala es su potencial agrícola y dentro de este rubro se encuentra de manera predominante la industria azucarera, misma que durante los últimos años, por la creciente demanda mundial, ha experimentado un crecimiento significativo, situación que ha colocado a esta industria como uno de los principales exportadores en nuestro país

En las etapas anteriores del megaproyecto, el mismo estuvo dedicado a establecer la funcionalidad de la prueba de resasurina para identificar la actividad microbiológica en el jugo de caña, y también se realizó un estudio económico, pero con una orientación global y no específica.

Dada la complejidad del proceso azucarero con innumerables factores incidiendo al unísono y de forma permanente, el avance del trabajo requiere que el análisis económico se concrete en temas específicos que se pueden integrar después al análisis global. Uno de los aspectos a considerar es el aspecto del propio trabajo de investigación visto desde diferentes puntos de partida que es lo que se pretende cubrir en esta sección del proyecto general.

III. Objetivos

A. Objetivo general del megaproyecto

Mejorar la eficiencia del proceso azucarero mediante la implementación de un sistema de monitoreo y control de la actividad microbiológica.

B. Objetivo general de este trabajo:

Desarrollar y probar una metodología para evaluar el costo del megaproyecto y preparar un material audiovisual de apoyo al mismo.

C. Objetivos específicos

1. Desarrollo de la metodología para la evaluación del costo del megaproyecto..
2. Evaluación preliminar de los costos durante una etapa del megaproyecto.
3. Análisis económico de los primeros componentes del sistema.
4. Elaboración del material audiovisual para inducción al megaproyecto.

IV. Antecedentes

Azúcar es un término aplicado a cualquier compuesto químico del grupo de los hidratos de carbono que se disuelve en agua con facilidad; son incoloros, inodoros y normalmente cristalizables. Todos tienen un sabor más o menos dulce. En general, a todos los monosacáridos, disacáridos y trisacáridos se les denomina azúcares para distinguirlos de los polisacáridos como el almidón, la celulosa y el glucógeno.

Los azúcares, que están ampliamente distribuidos en la naturaleza, son producidos por las plantas durante el proceso de fotosíntesis y se encuentran también en muchos tejidos animales.

La sacarosa es un disacárido cuya fórmula empírica es $C_{12}H_{22}O_{11}$. Es soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol y éter. Cristaliza en agujas largas y delgadas y es dextrógira, es decir, desvía el plano de polarización de la luz hacia la derecha. Por hidrólisis rinde una mezcla de glucosa y fructosa, que son levógiras, pues desvían el plano de polarización hacia la izquierda. Por ello, esta mezcla se llama azúcar inversa, y se denomina inversión el fenómeno por el cual se forma. En el intestino humano, la inversión tiene lugar gracias a la intervención de las enzimas invertasa y sacarasa. Cuando se calienta a temperaturas superiores a $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, la sacarosa se transforma en una sustancia amorfa, de color ámbar y consistencia espesa, parecida al jarabe, llamada caramelo (Encarta, 2008)

El control microbiológico en el jugo de caña es de suma importancia, porque mientras más alto sea el índice de actividad microbiológico en éste, la sacarosa pierde sus propiedades, produciéndose una reducción en la sacarosa producida.

Para evitar esto se recurrió al “test” de Resasurina, el cual se utiliza como método rápido, en la industria de alimentos, para identificar crecimiento bacteriano para microorganismos aeróbicos mesófilos. Los reactivos, el equipo y el procedimiento para la elaboración del “test” se explica más a detalle en el anexo # 1. (Luis Augusto Nero, 2002)

V. Delimitación del proceso productivo

A. Descripción del proceso productivo:

- El proceso productivo para la elaboración de azúcar comienza en la siembra de la caña de azúcar, que posteriormente se cosecha y transporta al ingenio, donde comienza el proceso de molienda de la caña, para extraer su jugo y del mismo, extraer la sacarosa, a partir del cual se elabora el azúcar. Este proceso, que se explica en detalle en otra sección de este trabajo, se realiza continuamente las 24 horas del día, durante el período llamado “de zafra”, que en nuestro país abarca del mes de noviembre a mayo de cada año.
- La extracción de la sacarosa requiere de un proceso físico y químico. La materia prima (caña de azúcar) se debe moler para extraer el jugo de caña, al que se le aplican varios tratamientos químicos (incluyendo la adición de bactericidas, cal, ácido sulfúrico, etc.). Posteriormente, la temperatura del jugo debe elevarse a más de 100°C para evaporar el agua del mismo y permitir la cristalización de la sacarosa.

B. Etapas del proceso productivo:

- Siembra: Se realiza la siembra de caña y el cuidado respectivo para que esta crezca, hasta el punto en que se encuentra apta para el proceso industrial.
- Cosecha: Ya teniendo la caña madura (12 meses de edad), se realiza la cosecha a través de dos métodos: (1) Manual: se aplica actualmente en un 75% del área sembrada y para ello es utilizado el machete australiano, esta herramienta tiene la característica de su diseño ergonómico, que con un mango más largo y angulado permite al cortador reducir las posiciones corporales forzadas y consecuentemente, reducir el cansancio físico durante la actividad del corte de caña. El uso de este instrumento reduce significativamente las pérdidas de caña, ya que le permite cortar la planta a ras del suelo. Cuando se aplica este método de cosecha, se realiza una quema inicial de la materia prima para facilitar la actividad y evitar accidentes como mordeduras de serpientes o cualquier otro accidente laboral relacionado con el

corte manual. (2) Cosecha Mecanizada: se lleva a cabo en un 25% del área sembrada, utilizando una máquina cosechadora. Este método no requiere de la quema previa, pero sólo puede utilizarse en superficies específicas (planas, sin piedras, etc.) y puede reducir la calidad del producto si éste no se procesa con mucha mayor rapidez que cuando se aplica el método manual, para evitar su degradación bacteriana.

La caña cortada por método manual se acumula en montículos (conocidos como “mini chorras”, que son luego desplazados por alzadoras hacia las jaulas de transporte. La caña cortada por método mecanizado no requiere de alzadoras ya que es arrojada por la cosechadora a jaulas de diseño específico.

- Transporte de materia prima: Luego del corte en los campos de cultivo, las jaulas de transporte son llevadas al ingenio por vía terrestre usando cabezales. Cada cabezal puede, dependiendo de la ruta a tomar, halar de 2 a 3 jaulas cañeras. La rapidez con la que se ejecuta este proceso es crítica para el rendimiento de la caña, ya que reduce las pérdidas de azúcar producto del metabolismo de bacterias presentes en la caña ya cortada.
- Extracción del jugo. Cuando el cabezal ingresa al ingenio, es llevado a las mesas de caña (el Ingenio Pantaleon cuenta con 2 mesas de caña), en ellas se inicia el proceso de extracción de jugo. Como es de esperarse, luego de la cosecha y el transporte, la caña que llega a la mesa contiene piedras, tierra e impurezas en general, las que pueden llegar a afectar el proceso de la extracción de jugo por un lado y por el otro, dañar el equipo industrial, específicamente, la mazas de molienda. Para limitar estos efectos destructivos, la caña es tratada con un lavado de agua caudal desde su descarga en las mesas.

La fase de extracción de jugo comprende dos fases: la preparación, que tiene por objetivo transformar la caña recibida en un colchón uniforme de fibra cortada, lista para ser molida. Este proceso se lleva a cabo utilizando picadoras de machetes que giran a altas revoluciones, inmersas en “chutes” de diseño específico a lo largo de los conductores de caña. La segunda fase es la molienda, que hace pasar este colchón de

fibra entre pesados rodillos (o mazas) que lo comprimen en varias etapas, forzando la extracción del jugo.(Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A, 2008)

En las prácticas de molienda más eficientes, como lo es el Ingenio Pantaleón, más del 95% del azúcar contenido en la caña pasa a guarapo (jugo de caña); este porcentaje se conoce como la extracción de sacarosa. Una típica mezcla de jugo contendrá tal vez un 15% de jugo de caña, materia para producir azúcar y el resto fibra, llamada bagazo (residuo de una materia de la que se ha extraído el jugo), que contendrá entre 1 y 2% de azúcar, alrededor de un 50% de humedad y parte de la arena y gravilla del campo en forma de ceniza. Una típica caña contendría entre un 12% y un 14% de fibra, con un contenido húmedo de un 50%, ofreciendo entre 25 y 30 toneladas de bagazo por cada 100 toneladas de caña y 10 toneladas de azúcar.(Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A, 2008)

Durante el proceso de molienda, que abarca el paso de la caña por el tándem de molinos (nombre dado a la sucesión de varios molinos de caña colocados en serie), la caña cae al primer molino que consta de tres mazas, dos se hallan situadas a la misma altura, girando en la misma dirección, y reciben los nombre de mazas cañeras (por donde entra la caña) y se le llama maza bagacera (por donde sale la caña ya molida o bagazo) a la tercera maza, también conocida como maza superior, porque está colocada ligeramente por encima y entre las otras dos, girando en dirección contraria a las primeras.

Las masas inferiores están fijas y la superior está conectada a cabezales hidráulicos de alta presión, permitiéndole cierto juego vertical. Los jugos obtenidos en los primeros dos molinos se envían directamente al proceso. Se emplea un proceso de maceración en los molinos subsecuentes, mismo que consiste en tomar el jugo extraído de un molino y aplicarlo al bagazo entrante del molino anterior . Esto se realiza con el propósito de extraer más sacarosa de la caña. El proceso es también conocido como lixiviación. En el último molino se inyecta agua caliente para realizar la extracción completa de la sacarosa contenida en la caña, y que no pudo extraerse por presión seca, a ésta se le llama agua de imbibición. Las fibras que se recolectan al final son las que reciben el nombre de bagazo y en el caso específico de este Ingenio, se envían directamente a las calderas, para producir vapor de agua que sirve para los demás

procesos de fabricación y que generan un exceso de balance termodinámico que se utiliza en el proceso de cogeneración de energía eléctrica.

El jugo final es recolectado entre los molinos 1 y 2 y se hace pasar por filtros rotatorios (coladores) para que el jugo pase al siguiente proceso sin llevar fibras residuales, conocidas como bagacillo. Las fibras se introducen de nuevo en los primeros molinos con el propósito de extraerles totalmente la sacarosa.(Porta, 1955)

- Purificación del Guarapo (Guarapo es el nombre local que se da al jugo de caña):
 - ✓ Sulfitación. El jugo de caña procedente de los molinos es puesto en contacto con vapores de ácido sulfúrico, en las torres de sulfitación. Estos dispositivos hacen circular el jugo de caña en dirección contraria a los vapores de ácido, que son generados por la auto-incineración de azúfre en hornos específicos. Este proceso ayuda a eliminar microorganismos y mejora el color del producto final. El pH ideal en el inicio del proceso de sulfitación, se encuentra entre 5.2 y 5.5 y al final del mismo, se reduce a un rango comprendido entre 4.2 – 4.5.
 - ✓ Alcalización. Su fin es el de aumentar el pH para disminuir la posible inversión de sacarosa. El jugo sulfitado contiene altos niveles de acidez que deben neutralizarse de manera inmediata para evitar la reducción. Éste es además de un color verde oscuro y turbio. Se emplea (en el caso del Ingenio Pantaleón) una mezcla controlada de meladura (jugo de caña concentrado), jugo claro (jugo de caña clarificado), cal y agua. La mezcla es conocida como sacarato de cal. La mezcla óptima se logra a través de un control automático del proceso de mezcla que mejora significativamente la práctica tradicional de aplicar una “lechada de cal” (que contiene alrededor de 16 (0,5 kg) (CaO) por tonelada de caña). Los fosfatos de la cal reaccionan con las impurezas del jugo, formando coágulos que luego se filtran para obtener jugo clarificado. Para que los coágulos sean más grandes se les inyecta flocculantes para permitir mejor limpieza en el jugo. Después del tratamiento del jugo por los procedimiento anteriores, hay que

dejarlo decantar para separar el jugo de los precipitados formados; esta decantación se opera en aparatos llamados defecadores, decantadores o clarificadores.

- ✓ Clarificación. La presencia del sacarato de cal facilita la formación y precipitación de flóculos en el clarificador de jugo. El clarificador separa estos sólidos del jugo, dotando al jugo ya clarificado, de una mayor transparencia y de un color parduzco, el cual es transportado a los evaporadores. Los sedimentos que quedan después de la clarificación se denominan “lodos” o “cachaza”, y pasan a un filtro rotatorio que funciona por vacío, extrayendo el líquido azucarado contenido en los sedimentos y dejando una torta en la parte externa la cual se puede utilizar como fertilizante de tierra.(Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A, 2008)

- Evaporación. El jugo clarificado, que tiene más o menos la misma composición que el jugo crudo extraído, excepto las impurezas precipitadas por el tratamiento con cal, contiene aproximadamente un 85 % de agua. Dos terceras partes de esta agua se evapora en evaporadores de múltiple efecto. El vapor procedente de un efecto sirve como medio de calentamiento para los siguientes, lo que da un concentrado llamado jarabe o meladura. La última etapa es al vacío para que no se degraden las propiedades funcionales del azúcar y retiran vapores no condensables del sistema.(Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A, 2008)

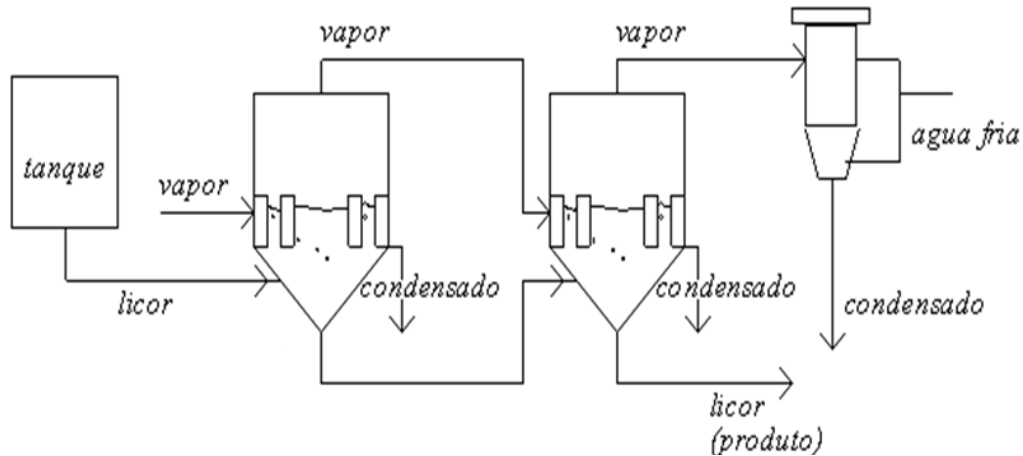
El jugo que se obtiene a la salida de la clarificación tiene un brix aproximado de 15°, para poder extraer por cristalización el azúcar hay que concentrarlo, llevándolo al estado de sobresaturación. En este momento es donde interviene la evaporación. En la evaporación se concentra el jugo de 15° a 60-65° brix. Se evapora alrededor de 800 Kg de agua por tonelada de caña para llegar a una concentración final de 60° brix. El funcionamiento general es el siguiente: en el primer evaporador entra el jugo después de clarificado, se calienta con vapor a una temperatura levemente superior a su temperatura de ebullición. El vapor desprendido del jugo se conduce al evaporador siguiente actuando como medio de calentamiento, este calor condensándose sobre la pared cederá su calor al

jugo, y para que éste hierva será preciso establecer el vacío sobre el mismo para disminuir su punto de ebullición. De forma análoga, el vapor producido en el segundo evaporador se conduce a un tercero que contenga el mismo jugo, siempre reduciendo la presión para facilitar la ebullición del agua en el jugo. El último evaporador se pone en comunicación con el condensador. La temperatura de ebullición aumenta desde el último hasta el primer evaporador; la presión varía en sentido inverso, disminuyendo desde el primero hasta el último. El múltiple efecto calienta el primer evaporador con vapor directo o de escape y las restantes con el vapor procedente de la evaporación del jugo anterior; el vacío se produce mediante la condensación de los vapores del último evaporador, en el condensador, por el agua fría; es necesaria una bomba para la extracción ininterrumpida del aire y gases incondensables que se acumulan en el condensador.(Cheng, 1991)

El aprovechamiento de las aguas condensables es semejante al ya descrito; las aguas del primer evaporador se utilizan como agua de alimentación de la caldera, complementadas con las de la segunda evaporación y las restantes se emplean en agua de imbibición, dilución de mieles, lavado de las tortas de los filtros entre otros usos.(Cheng, 1991)

Las pérdidas de sacarosa por arrastre pueden ser elevadas si no se dispone de una buena instalación de recuperadores. Las pérdidas por inversión son tanto mayores cuanto más elevada es la temperatura y mayor su acidez; la inversión comienza a ser peligrosa a 115°C y nunca debe pasarse de temperaturas de 125 a 135°C. Como existen incrustaciones debido a las sales cálcicas de ácidos orgánicos, gomas, entre otras, es necesario limpiar los evaporadores cada 15 días aproximadamente.(Porta, 1955)

Figura 2. Evaporadores de doble efecto



(Cheng, 1991)

- Clarificación del jugo crudo En este caso, se añaden al jarabe o meladura cal y ácido fosfórico, luego se airea junto con la adición de un polímero floculante. Al final de este proceso se busca obtener meladura clarificada e impurezas.(Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A, 2008)

- Cristalización. La cristalización tiene lugar en tachos al vacío de simple efecto, donde el jarabe se evapora hasta quedar saturado de azúcar. En este momento se añaden semillas a fin de que sirvan de medio para los cristales de azúcar, y se va añadiendo más jarabe (meladura) según se evapora el agua. El crecimiento de los cristales continúa hasta que se llena el tacho. La templa (el contenido del tacho) se descarga luego por medio de una válvula a un cristalizador. La meladura primero pasa al primer tacho, donde se deposita aproximadamente 70% de meladura y 30% de semilla. Sale una masa compuesta de miel y cristales la cual es llevada a centrifugación agregándole agua para diluir la miel impregnada en los cristales. La miel pasa al segundo tacho donde hay otra semilla que es azúcar refinada triturada. La semilla absorbe la sacarosa hasta obtener un azúcar de menor tamaño que sirve de semilla para el primer tacho. La miel del segundo

se utiliza en el tercer tacho para el mismo procedimiento. La miel de primera tiene una pureza de 60 a 65, la miel de segunda de 50 a 56 y la miel final de 30 a 35. Mientras que la masa cocida de la primera tiene un pureza de 78 a 80, la de segunda de 69 a 72, y la de tercera de 56 a 58.(Porta, 1955)

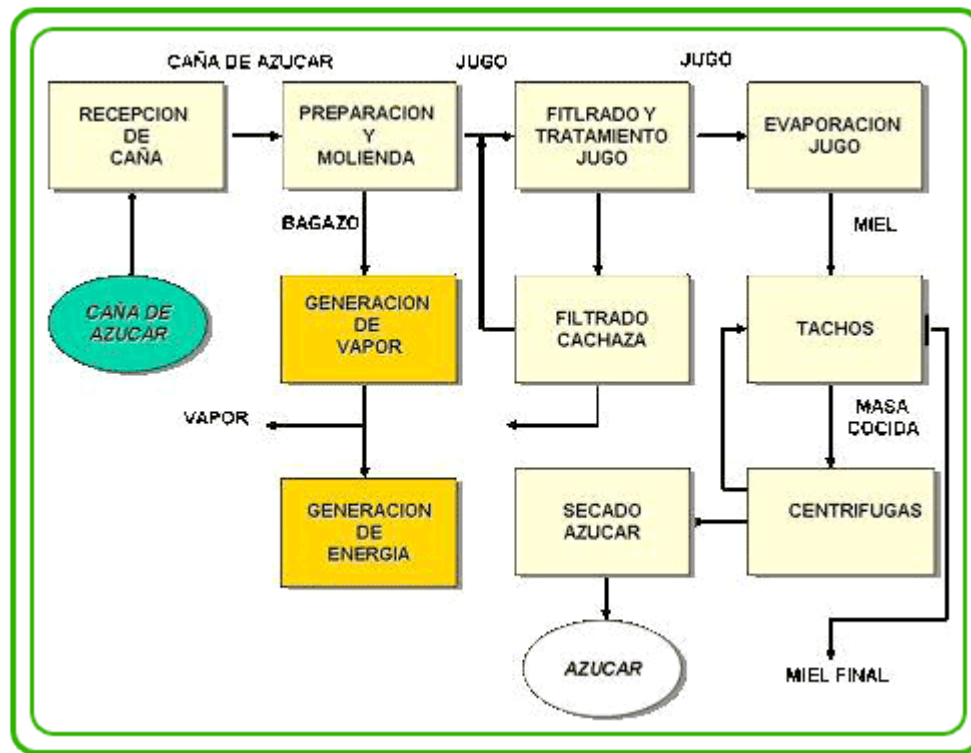
En el caso del Ingenio Pantaleón, se cuenta con tachos continuos, los que realizan el mismo proceso antes descrito, solo que con un flujo continuo de materia prima, sin necesidad de realizar procesos en batch; esta estructura permite una operación uniforme y más controlada en todo el ingenio.

- Centrifugación. La masa cocida proveniente del cristizador se lleva a maquinas giratorias llamadas centrífugas. El tambor cilíndrico suspendido de un eje tiene paredes laterales perforadas, forradas en el interior con tela metálica, entre éstas y las paredes hay láminas metálicas que contienen de 400 a 600 perforaciones por pulgada cuadrada. El tambor gira a velocidades que oscilan entre 1000-1800 rpm. El revestimiento perforado retiene los cristales de azúcar que puede lavar con agua si se desea. El licor madre, la miel, pasa a través del revestimiento debido a la fuerza centrífuga ejercida (de 500 hasta 1800 veces la fuerza de la gravedad), a esto se le llama también purgar el azúcar, después de que el azúcar es purgado se corta, dejando la centrífuga lista para recibir otra carga de masa cocida.

Las máquinas que el ingenio tiene son exclusivamente del tipo de alta velocidad (esto es, de una alta fuerza de gravedad) provistas de control automático para todo ciclo. Los azúcares de un grado pueden purgarse utilizando centrífugas continuas. El azúcar se lava con agua caliente para eliminar la miel que cubre los cristales y se descarga para conducirla a las secadoras. En los secadores se elimina el agua que viene impregnada en los cristales.(Sociedad Agricola e Industrial San Carlos S.A, 2008)

- Enfriamiento y secado. El azúcar producido se enfría y se seca antes de su almacenamiento o envasado. Puede almacenarse a granel, empaquetado (bolsas de 1 kg.) o ensacado (sacos de 50 ó 100 kg.).(Porta, 1955)

Figura 3. Proceso de producción de azúcar



(Chumbagua, 2008)

C. Localización del estudio:

El estudio se realizó en el Ingenio Pantaleón, que se encuentra localizado en la costa sur de Guatemala en el departamento de Escuintla, municipio de Siquinalá, a 14.20.04 grados norte y 90.59.31 grados oeste, a 86 kilómetros de la ciudad de Guatemala. Fue seleccionado este ingenio, por tener las instalaciones necesarias para llevar a cabo el estudio, así como por su disposición a colaborar con la realización del mismo, permitiéndonos la experiencia de implementarlo en la industria, y que no quedara solamente en un estudio realizado en condiciones de laboratorio, sino más bien en una experiencia práctica real en el marco de la búsqueda de la utilidad del mismo en la industria guatemalteca.

Figura 4. Ubicación del Ingenio Pantaleón



D. Definición del estudio:

Realizar los análisis económicos correspondientes, para implementar el “test” de resasurina en el proceso productivo de azúcar en el Ingenio Pantaleón, con la finalidad de identificar la actividad microbiana en el jugo de caña presente en los diferentes segmentos del tándem de molienda, para evitar la disminución de la calidad del jugo de caña que está por ingresar al proceso industrial antes descrito.

V. Análisis de costos del megaproyecto

A continuación se presentará el análisis de los costos económicos en que se incurrió para la implementación del proyecto.

El estudio de costos se dividió en tres segmentos diferentes: (1) Costos incurridos por la Universidad del Valle, (2) Costos incurridos por los estudiantes y (3) Costos incurridos por el Ingenio Pantaleón.

A. Costos incurridos por la Universidad del Valle

Los costos que se detallarán a continuación, son aquellos en los que incurrió la universidad para la elaboración del estudio, incluyéndose desde el uso del laboratorio, hasta el uso de las instalaciones mismas para realizarlo. Los cuales se dividieron principalmente en: (1) Costos de laboratorio y (2) Costos de personal.

1. **Costos de laboratorio:** Los costos de laboratorio se realizaron de esta manera porque luego de hacer las pruebas en los laboratorios de la empresa, se siguieron haciendo pruebas y estudios en los laboratorios de la Universidad, tanto para comprobación de resultados, como para poder observar cómo la actividad micro bacteriana, afectaba el proceso de elaboración de azúcar. Se hicieron además, las pruebas necesarias para la comprobación de la efectividad del bactericida en jugo de caña.

Estos costos incluyen desde el uso de equipo especializado como baño de maría, tubos de ensayo y demás equipo de laboratorio, así como los gastos correspondientes a la energía eléctrica para el funcionamiento de las instalaciones y equipo del mismo. En la Tabla 1 se presentan en forma desglosada los costos del laboratorio:

Tabla 1: Costos de laboratorio

COSTOS DE LABORATORIO				
Tipo	Costo unitario	Cantidad	TOTAL	Descripción o supuestos
Resasurina	Q649.38	1	Q649.38	Precio en dólares tipo de cambio 8.22, Reactivo con NaCl
Energía eléctrica	Q1.55	936.4215	Q1,451.45	Promedio de 5 horas de trabajo, 5 días hábiles, 4 semanas en un mes, por 6 meses
Agua	Q2.33	15	Q73.45	Aproximación del consume
Tubos de ensayo	Q3.32	6	Q19.92	Cotización UBL
Beaker	Q26.70	1	Q26.70	Cotización UBL
Gradilla	Q93.80	1	Q93.80	Cotización UBL
Espátula	Q49.66	1	Q49.66	Cotización UBL
Vidrio de reloj	Q32.95	1	Q32.95	Cotización UBL
Depreciación baño de maría	Q50.39	6	Q302.32	Depreciación mensual en línea recta en 10 años
Otros	Q200.00	1	Q200.00	Costos por imprevistos, cristalería rota, etc.
TOTAL			Q3,392.84	

Los únicos costos variables son la resasurina y la energía eléctrica, ya que varían con el tiempo. El resto se tomaron como costos fijos.

La resasurina, que es el reactivo que se utiliza para el “test”, tiene la ventaja que se utiliza en tan poca proporción para la elaboración de la prueba, la concentración que se utiliza es de 10ppm (partes por millón), El restante de este reactivo, se seguirá utilizando en el megaproyecto para realizar las pruebas futuras correspondientes. Y al final va a depender de cuanto sea su uso para la elaboración de estas.

Tabla 2: Consumo de energía eléctrica

Desglose consumo de energía eléctrica			
Tipo	Consumo unitario (KW/hr)	Total tiempo utilizado (hr)	Total consumo (Kw/mes)
Computadora	0.00025	606	0.1515
Baño de maría	0.6	606	363.6
Bombillos	0.045	606	27.27
Refrigerador	0.9	606	545.4
TOTAL			936.4215

En la presentación del consumo de energía eléctrica (Tabla 2), se está tomando como única variable el tiempo de utilización de cada máquina. Esto con la finalidad de facilitar la generación de un cuadro comparativo entre los costos de la universidad y el ingenio, sobre la base de estimaciones unificadas, ya que como se tenían tantas máquinas de diferente marca y cada vez se utilizaba una diferente, se tomo la decisión de buscar el promedio de consumo en cada categoría de las mismas. Esto definió las bases para realizar el cálculo del costo de la energía eléctrica y las depreciaciones en línea recta, logrando así comparar el uso de ambos laboratorios de manera equitativa y certera.

El costo de agua potable, se realizó haciendo una aproximación del consumo de agua a 15 m³ al mes, ya que no se pudo cuantificar de forma directa el uso de agua. La ausencia de exactitud en esta cuantificación se debió en el caso de la universidad, a que el laboratorio no tiene su propio contador, lo que imposibilitó que se pudiera medir de forma directa y exacta el uso de agua. De manera similar, no existen contadores de agua específicos para cada parte del proceso industrial en el ingenio. Por lo anteriormente descrito, se llegó a la decisión de aproximarlos a este valor, que responde a una estimación basada en apreciaciones teóricas del consumo de agua durante las diferentes actividades y etapas del Mega Proyecto.

Todas las depreciaciones que se consideraron en este estudio, se realizaron en línea recta. El proceso para la depreciación del Baño de María se realizó obteniendo el

promedio de los precios del mercado para los cada uno de los baños que se utilizaron y aplicando el procedimiento de cálculo en línea recta en diez años, se obtuvo un valor de depreciación correspondiente a Q.50.39 mensuales.

2. Costos de personal:

Tabla 3: Costos de personal

COSTOS DE PERSONAL				
Especialidad	Salario / hora trabajada	Cantidad (horas laboradas-total de personal) (Hr/hombre)	TOTAL	Descripción o supuestos
Ing. Química	Q43.75	864	Q37,800.00	8 Meses 3 Ingenieros (5 horas a la semana-trabajo de escritorio, 4 horas a la semana por viaje a Pantaleon)
Ing. Industrial	Q43.75	576	Q25,200.00	8 Meses 2 Ingenieros (5 horas a la semana-trabajo de escritorio, 4 horas a la semana por viaje a Pantaleon)
Lic. Bioquímica	Q43.75	448	Q19,600.00	8 Meses 2 Ingenieros (7 horas a la semana -trabajo de escritorio)
Personal de Laboratorio	Q25.00	320	Q8,000.00	8 Meses 2 Operarios (5 horas de labores a la semana)
Supervisor	Q50.00	416	Q20,800.00	8 Meses 1 Supervisor (5 horas a la semana de trabajo de escritorio, 8 horas a la semana por viaje a Pantaleon)
TOTAL				Q111,400.00

Los costos de personal, engloban todos los gastos por servicios prestados por parte del personal capacitado que estuvo implicado para la elaboración del estudio, éstos se muestran en la Tabla 3. Cada uno trabajó según su especialidad para lograr que el Mega Proyecto fuera un éxito. El salario de mercado que se le hubiera pagado a cada uno de los ingenieros de estas especialidades, se estimó en la cantidad de Q. 7,000.00 mensuales a cada uno. Ahora para el supervisor, se estimó un salario de Q. 8,000.00 mensuales. Debido a que también se realizó trabajo en el laboratorio de la Universidad, también fue necesario considerar el pago por los servicios del personal de laboratorio, mismo que se estimó en Q. 4,000.00 a cada uno.

La columna de cantidad, se refiere a la cantidad de tiempo que se estuvo en el proyecto y también al número de Ingenieros que trabajaron en cada especialidad, la que se consigna en la columna de “descripción”. Para ejemplificar como se obtuvo este valor, se tomará el tiempo laborado de los Ing. Químicos:

$$9_horas/semana*4_semanas/mes*8_meses*3_Ing._Químicos=864_Hr/Hombre$$

Ecuación 1

Se utilizó la misma fórmula para obtener el resto de especialidades, así como también el del operario. Llegando así a la cantidad antes descrita.

B. Costos incurridos por estudiantes:

Los estudiantes que estuvieron en el proyecto también incurrieron en costos, los cuales usualmente pasan desapercibidos. Sin embargo es de suma importancia detallarlos para lograr la consideración integral de los costos en el proyecto. Estos se dividieron en: (1) Costos de universidad y (2) Costos de transporte.

1. **Costos de universidad:** A continuación se detallan los costos que cada uno de los estudiantes incurrió en la universidad para lograr que el proyecto avanzara.

Tabla 4: Costos de Universidad

COSTOS DE UNIVERSIDAD				
Tipo	Costo unitario	Cantidad	TOTAL	Descripción o supuestos
Mensualidad	Q3,500.00	21	Q73,500.00	Total de 7 Estudiantes que estan pagando el curso de megaproyecto, por 3 semestres
Elementos de oficina	Q13.50	96	Q1,296.00	Elementos varios de oficina como: hojas de papel, lapiceros, resaltadores, etc.
Alimentación	Q25.00	672	Q16,800.00	Costos de comida en el tiempo laborado en la Universidad, siendo 7 estudiantes, 6 meses trabajando 5 dias de la semana
Depreciación computadora	Q82.20	12	Q986.40	Depreciación mensual en linea recta en 10 años
Otros			Q-	
TOTAL			Q92,582.40	

En este caso además, el estudiante tuvo que cubrir los gastos universitarios del curso de megaproyecto durante tres semestres, que a razón de Q3,500.00 por semestre, suman un total de Q.10,500.00 por estudiante. Así como también cada estudiante incurrió en gastos relacionados con materiales y equipo de de oficina tales como: papel, lapiceros, folders, impresora y tinta, etc.

La depreciación de la computadora, se obtuvo calculando un promedio del precio inicial de las computadoras de todos los estudiantes involucrados en el megaproyecto. Éste se llevó a cabo de esta manera ya que cada uno de los mismos utilizaba su

computadora para realizar su parte del trabajo previo a la integración del mismo: es por eso que se procedió a calcular el promedio del costo de todas las computadoras y se llegó a un costo promedio de \$ 1,200.00 dólares (Q. 9,864.00, utilizando el tipo de cambio en Q.8.22 por \$ 1.00). Éste fue el valor que se utilizó para realizar una depreciación a 10 años de las máquinas. Sin embargo, como la computadora se utilizó únicamente en un año y no sería razonable ingresar el valor completo de las computadoras, se consideró al valor de Q.82.20 mensuales de depreciación por uso.

Por último cabe resaltar que en el transcurso del tiempo que los estudiantes estuvieron laborando en la universidad, cada uno incurrió en gastos personales de alimentación, para cuyo cálculo se asignó el precio del almuerzo en la cafetería de la universidad.

2. Costos de transporte:

Estos son los costos en los que incurrieron los estudiantes, para poder llegar al Ingenio a realizar el muestreo y las pruebas de resasurina.

Tabla 5: Costos de transporte

COSTOS DE TRANSPORTE				
Tipo	Costo unitario	Cantidad	TOTAL	Descripción o supuestos
Gasolina	Q26.50	341.76	Q9,056.64	Estimó: promedios de consumo y gasolina, C/viaje son 3.46 galones, se hicieron 6 visitas a la semana, las 4 semanas del mes por 4 meses
Peaje	Q13.50	96	Q1,296.00	costo de paso por supercarretera Palin-Escuintla

Tipo	Costo unitario	Cantidad	TOTAL	Descripción o supuestos
Desgaste y depreciación del Vehículo	Q1,000.00	6	Q6,000.00	Depreciación mensual del vehículo, referida a la misma en línea recta durante un periodo de 10 años.
Otros			Q-	
TOTAL			Q16,352.64	

El costo de desgaste y depreciación, se obtuvo por un promedio de los precios de los carros, ya que no todos los días se visitó el ingenio en el mismo carro. Luego se depreció en línea recta (10 años) y se hizo el cálculo de la depreciación mensual de igual manera como se explicó anteriormente que se procedió en el caso la maquinaria.

Los costos de gasolina se obtuvieron por un promedio del precio de la gasolina súper, durante los meses en que se hicieron las diferentes visitas al ingenio. Ahora para el cálculo del consumo de gasolina se tomaron todos los carros utilizados y se buscaron las especificaciones de cada uno, para luego calcular un promedio de consumo (50km/galones). Luego de esto, se tomó como referencia la distancia a la que se encuentra el ingenio (a 86 km de la Ciudad de Guatemala). Con todos los datos anteriores se procedió a calcular un estimado de consumo de gasolina en cada viaje. Ya teniendo este dato, se sacó la cantidad total de galones utilizados en los viajes al ingenio, lo que sumó un total de Q. 9,056.64.

Otro gasto incurrido por los estudiantes fue el peaje de la autopista Palín-Escuintla. Ya que para llegar al ingenio y que los automóviles no sufran un desgaste prematuro por el estado de la otra carretera y lograr un mejor aprovechamiento del tiempo de visita, se llegó a la conclusión que aun y cuando fuera un gasto más, era la mejor opción por los beneficios que aportaba. Como se puede observar en la Tabla 3, el

costo del peaje en ese momento era de Q. 27.00 por viaje de ida y vuelta al Ingenio. En total durante todo el estudio, se pagó por este concepto un total de Q.1,296.00.

C. Costos incurridos por el Ingenio Pantaleón S.A:

El Ingenio por su parte también incurrió en gastos que se ha tratado de cuantificar de la manera más exacta a nuestro alcance, sin embargo cabe resaltar que esta empresa nos permitió realizar el estudio en sus instalaciones, y esto es un costo que no se puede cuantificar numéricamente y del que queremos dejar constancia expresa de nuestro agradecimiento. Estos costos se dividieron principalmente en: (1) Costos de alimentación, (2) Renta de elementos de seguridad y (3) Costos de laboratorio.

1. Costos de alimentación:

Tabla 5: Costos de alimentación-Ingenio Pantaleón

Costos Alimentación				
Tipo	Costo unitario	Cantidad personas/día	# de días laborados	Total costo
1 Tiempo de comida	Q25.00	2	96	Q4,800.00

El ingenio tuvo la delicadeza de proporcionarnos, no solo un lugar donde trabajar, sino también nos proporcionó el almuerzo el día que se visitaba el ingenio. Por lo que en este estudio se tomó en cuenta el gasto en que incurrió el ingenio para poder proporcionarnos este servicio. Se estimó que el precio por cada tiempo de comida fue de aproximadamente Q.25.00, calculándose un total de costo por almuerzos de Q.4,800.00.

2. Renta de elementos de seguridad

Tabla 6: Costo por renta de elementos de seguridad

Renta de elementos de seguridad				
Elemento	Costo unitario	Cantidad	Total	Descripción
Casco	0.323916	4	1.29	Costo unitario de 38.78 con depreciación lineal
Tapones de Oído	408.22	1	408.22	Paquete de 100 pares de tapones
TOTAL			Q409.52	

Como todos los ingenieros que estaban trabajando en el megaproyecto, carecían de elementos de seguridad, el ingenio asumió el gasto de prestarnos los elementos de seguridad necesarios para poder hacer las pruebas respectivas. Los elementos de seguridad necesarios eran cascos y tapones de oídos, que se nos proporcionaban al momento de ingresar a la fábrica. Los cascos se depreciarán en línea recta a diez años. Ahora los tapones de oídos eran descartables, por lo que se nos proporcionaba un par nuevo cada vez que llegábamos al ingenio. Todos estos costos se expresan en la Tabla 6.

3. Costo de laboratorio:

Tabla 7: Costos incurridos por uso de laboratorio

COSTOS DE LABORATORIO				
Tipo	Costo unitario	Cantidad	TOTAL	Descripción
Energía eléctrica	Q1.55	197.792	Q306.58	Suponiendo 8 horas de trabajo
Agua	Q2.33	15	Q73.45	Aproximación de consume
Tubos de ensayo	Q3.32	1	Q3.32	Cotización UBL
Beaker	Q26.70	1	Q26.70	Cotización UBL
Gradilla	Q93.80	1	Q93.80	Cotización UBL
Espátula	Q49.66	1	Q49.66	Cotización UBL
Vidrio de reloj	Q32.95	1	Q32.95	Cotización UBL
Depreciación baño de maría	Q50.39	6	Q302.32	Depreciación mensual en línea recta en 10 años
Otros	Q200.00	1	Q200.00	Costos por imprevistos, cristalería rota, etc.
TOTAL			Q1,088.78	

Básicamente los costos de laboratorio son iguales a los que tuvo la Universidad, ya que se utilizaron las mismas cosas y su depreciación es la misma. Sin embargo la única variante es el tiempo que se utilizó la maquinaria y por lo consiguiente variará el costo del tiempo utilizado.

Tabla 8: Costo por consumo de energía eléctrica

Desglose consumo de energía eléctrica			
Tipo	Consumo unitario (KW/hr)	Total tiempo Utilizado (hr)	Total consumo (Kw/mes)
Computadora	0.00025	128	0.032
Baño de maría	0.6	128	76.8
Bombillas	0.045	128	5.76
Refrigerador	0.9	128	115.2
TOTAL			197.792

Como se observa en la Tabla 8, el consumo y lo utilizado es lo mismo que el laboratorio de la Universidad, la única variante de nuevo es el tiempo utilizado.

D. Resumen de costos incurridos:

A continuación se presenta el total de gastos incurridos por todas las partes involucradas, así como también el cuadro comparativo de las mismas.

1. Total aporte Universidad del Valle de Guatemala:

Tabla 9: Total del gasto incurrido por la Universidad Del Valle de Guatemala

TOTAL GASTO UVG	
Costos de laboratorio microbiología	Q19,440.00
Costos de laboratorio	Q2,899.64
Costos de personal	Q111,400.00
TOTAL	Q134,027.64

La Universidad del Valle de Guatemala aportó un total de Q. 133,739.64 al proyecto, como se desglosa en la Tabla 9. En ésta se logra observar el costo del laboratorio de microbiología, el que no se había mencionado antes, ya que es un costo directo al total del gasto de la Universidad. Este gasto se obtuvo por el alquiler del laboratorio de microbiología para realizar las pruebas microbiológicas del proyecto, por

la Licenciadas en Bioquímica. El alquiler del mismo a una persona es Q. 400.00 al mes, y en este caso, se utilizó durante un periodo de 6 meses.

Pareciera que la universidad aportó demasiado en relación con los otros sujetos sometidos al análisis, sin embargo se debe recordar que la universidad es un ente social y no lucrativo, que precisamente por eso el estado la libera de cargas impositivas considerando su aporte al desarrollo del país. Y en este caso particular, se está dando cumplimiento a sus objetivos estratégicos consagrados en los documentos directivos que forman parte de las expectativas de los estudiantes que se incorporan a la misma con el aporte económico respectivo que es parte de su soporte financiero.

La intención, para realización de la evaluación preliminar de los costos durante esta primera etapa, es dirigido al ingenio para que tome conciencia de la necesidad de contribuir más a la continuación del estudio en sus instalaciones. Lo cual se logró luego de la labor que se realizó en este.

2. Total aportado por Ingenio Pantaleón:

Tabla 10: Total del gasto incurrido por el Ingenio Pantaleón

TOTAL GASTO PANTALEÓN S.A	
Comida	Q4,800.00
Elementos de seguridad	Q409.52
Uso de laboratorio	Q1,088.78
Costo de oportunidad de operario	Q1,125.00
TOTAL	Q7,423.30

El Ingenio aportó un total de Q. 7,423.30 al proyecto, en este caso se logra observar la existencia del costo de oportunidad del operario. Este costo directo, es el del operario que se nos fue asignado al grupo. Para la visita general de la fábrica, así como también de apoyo para la toma de muestras. La finalidad es que éste, aprendiera de forma directa de la toma de muestra, para que luego, al implementar el “test” no se tenga que pasar por un periodo de aprendizaje alto. Sin embargo, es un costo que se debe cuantificar, ya que éste no está desempeñando su labor usual.

3. Total aportado por estudiantes

Tabla 11: Total del gasto incurrido por los estudiantes

TOTAL GASTO ESTUDIANTES	
Costos de universidad	Q92,582.40
Costos transporte	Q16,352.64
TOTAL	Q108,935.04

En este caso la finalidad de ilustrar los gastos incurridos por los estudiantes, es de expresar el aporte económico de cada uno de los estudiantes para que el proyecto se llevará cabo. Como lo fue el uso de transporte y el pago del curso correspondiente. Así como también los otros elementos ya descritos.

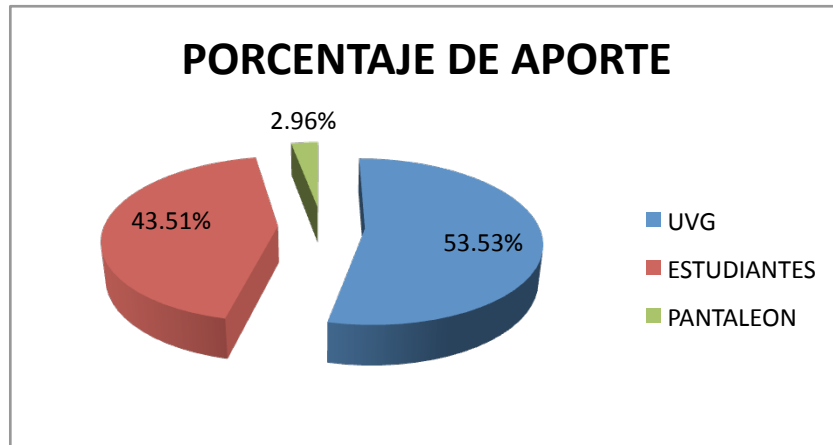
4. Resumen de gastos y comparación de aporte:

Tabla 12: Tabla de comparación/aporte

LUGAR	TOTAL
UVG	Q133,027.64
ESTUDIANTES	Q108,935.04
PANTALEÓN	Q7,423.30
TOTAL INVERSIÓN	Q250,385.97

En la Tabla 12 se expresa lo que cada uno de los involucrados apporto al proyecto, tanto en cantidad, como en porcentaje. Lo que facilita observar, el aporte individual desde el punto de vista económico. Sin embargo cabe resaltar que no necesariamente el aporte económico es el más importante. Como por ejemplo el tiempo que se le asignó cada estudiante de su tiempo libre para realizar más de lo que se le requirió del proyecto.

Figura 5: Aporte final



Un valor que es necesario resaltar es el gasto en el que incurrieron los estudiantes. Ya que éste inicialmente no se esperaba que fuera a ser tan alto. Pero al momento de generar el análisis se obtuvo un aporte del 43.56%, por lo que se recomienda reducir este (Figura 5).

El total de la inversión fue de Q. 250,385.97 para realizar el proyecto en 3 semestres. Como se observa no es un valor muy alto considerando el posible ahorro que se tendrá en el largo plazo. Esto se logrará ver con mayor claridad en el análisis de factibilidad para la elaboración del proyecto en la industria.

VI. Análisis preliminar de factibilidad para la elaboración e implementación del proyecto en la industria

En esta etapa se prefirió incluir un único aspecto del análisis realizado en el grupo del megaproyecto pasado (Granay, 2008) el cual era más abarcador pero menos específico. A continuación se presentan los conceptos básicos para entender mejor el análisis realizado.

A. Conceptos básicos:

1. Inversión Inicial: Representa el costo inicial total de todos los activos y servicios necesarios para empezar la alternativa. Cuando partes de estas inversiones se llevan a cabo durante varios años, su valor presente constituye una inversión inicial equivalente. (Leland Blank, 2006)
2. Flujo Neto de Efectivo: Cantidad real resultante de efectivo que fluye hacia adentro y hacia fuera durante cierto periodo de tiempo. (Leland Blank, 2006)
3. Escenarios Económicos: son las proyecciones del estudio económico que se está realizando. Usualmente se utilizan los siguientes escenarios: Optimista, Conservador y Pesimista.
4. Tasa Rendimiento (TR): Tasa pagada sobre el saldo no pagado del dinero obtenido en préstamo, o la tasa ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión de forma que el pago o entrada final iguala el saldo exactamente a cero con el interés considerado. (Leland Blank, 2006)
5. Recuperación de capital: Costo anual equivalente de la posesión del activo más el rendimiento sobre la inversión inicial. (Leland Blank, 2006)
6. Valor de Salvamento: Valor de reventa o de canje. (Leland Blank, 2006)
7. Valor Presente: Cantidad futura de dinero convertida a su valor equivalente en el momento actual. (Leland Blank, 2006)

8. **Árbol de Decisión:** es un diagrama que se construye de izquierda a derecha, e incluye cada decisión y resultado posible. Un cuadrado representa un nodo de decisión con las alternativas posibles que se indican en las ramas que salen del nodo de decisión. Un círculo representa un nodo de probabilidad con resultados posibles y probabilidades estimadas en cada rama. Un árbol incluye:
- a. Más de una etapa de selección de alternativas
 - b. La selección de una alternativa en una etapa que conduce a otra etapa.
 - c. Resultados esperados de una decisión encada etapa
 - d. Estimaciones de probabilidad para cada resultado.
 - e. Estimaciones del valor económico (costo o ingreso) para cada resultado.
 - f. Medida del valor como criterio de selección, como Valor presente

(Leland Blank, 2006)

9. **Beneficio/Costo:** Razón para evaluar la viabilidad de un proyecto, tomando los posibles beneficios y los costos del mismo.

$$B/C = (\text{Beneficios} - \text{Contra_beneficios}) / (\text{Costos}) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- a. **Contra Beneficio:** Desventajas para el propietario cuando se lleva a cabo el proyecto bajo consideración. Los contra beneficios pueden consistir en desventajas económicas indirectas de la alternativa.
- b. **Beneficios:** Ventajas que experimentará el propietario.
- c. **Costos:** estimación de gastos para la empresa para la realización, mantenimiento y operación del proyecto, menor cualquier valor de salvamento.

(Leland Blank, 2006)

B. Estimación de la Inversión Inicial:

La Inversión Inicial de proyecto se planteo desde el punto de vista, que Pantaleón realizo este estudio con su mismo personal. Es por eso que este valor es de Q. 141,450.93, el cual se obtuvo de la suma del costo incurrido por la Universidad del Valle y del Ingenio Pantaleón. El costo de los estudiantes no se toma en cuenta, ya que es un costo que si se fuera a implementar en la empresa, esta no tendría que pagarlo. Como se puede observar el costo de realizar un proyecto de estos es relativamente económico y al momento de que la empresa realmente llegue a asumir el costo de realizar el proyecto en la empresa. Este será mucho más económico porque se puede disminuir el personal y ser aun más económico.

C. Estimación del Flujo de Efectivo:

Ya se tiene la Inversión Inicial, sin embargo para estimar un flujo de efectivo, se requiere que se tenga una anualidad y un valor de salvamento. En este caso no existe un valor de salvamento, ya que al tratarse de investigación para la reducción de la actividad microbiológica en el jugo de caña, no se tendrá ningún retorno económico al prescindir de éste. Sin embargo este proyecto sí tiene un costo anual, que se resume en el ahorro del bactericida y el costo del operario para la toma de muestra del “test” de resasurina.

El ahorro en el bactericida se produce ya que, actualmente se está agregando bactericida indiscriminada y constantemente, lo que eleva los costos y es una de las principales razones por la cual se busca la implementación del “test”, ya que con esto, el uso del bactericida se hará solamente cuando sea necesario y consecuentemente, se estará reduciendo su consumo y por lo tanto, también se disminuirán los costos ocasionados por el uso del mismo. En la Tabla 13 se evidencia el gasto de bactericida en el ingenio.

Tabla #13 Costo del Ingenio en bactericidas

COSTO DE BACTERICIDAS			
Tipo	Costo unitario	Lb por Zafra	Costo /zafra
SMB	Q6.18	60000	Q370,722.00
QUAT-25	Q6.93	60000	Q416,028.01
TOTAL			Q786,750.01

Como se puede observar se utilizan dos bactericidas, estos se agregan al jugo de caña en la misma proporción y es porque eso que la cantidad requerida por zafra es igual. Para el análisis de la reducción de gasto en bactericida se realizaron tres escenarios distintos: (1) Optimista: se estima que se tendrá un ahorro del 30%, (2) Conservador: ahorro de 14% y (3) Pesimista: ahorro del 8%.

Sin embargo este ahorro no viene sin un costo adicional, el cual ya se describió con anterioridad. A este costo se le asigno un valor de Q. 5,000.00, ya que se requiere que este operario tenga una formación mínima de técnico en laboratorio. Esto es una estimación, ya que no se nos proporcionó el sueldo que el Ingenio está pagando a sus empleados.

Para el análisis financiero del “test” se requiere que las anualidades estén en el mismo intervalo de tiempo correspondiente. Es por eso que se trasladó a su valor equivalente en el presente, para que de esta manera, tanto la anualidad como la inversión inicial, representen el mismo valor monetario.

La tasa de interés se estimó utilizando: la tasa de inflación (10% anual en promedio para el año), tasa de ahorro (4% anual ahorro a largo plazo), tasa de retorno sobre la inversión (5% anual). Luego se realizó la estimación de la tasa compuesta anualmente, para lo cual se obtuvo un valor de 20.75%.

D. Resultados:

En la siguiente tabla se puede observar los tres escenarios y el tiempo en el que se tendría el retorno sobre la inversión para cada uno.

1. Obtención del tiempo de recuperación de la Inversión Inicial:

Tabla 14: Análisis de Recuperación de la Inversión

RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN		Optimista (30% de ahorro)	Conservador (14% de ahorro)	Pesimista (8% de ahorro)
Valor Inicial de Inversión	Q(141,450.93)	Q236,025.00	Q110,145.00	Q62,940.00
Valor de Salvamento	Q-			
Anualidad	Q786,750.01			
Tasa	20.75%			
Resultado (en años)		0.97	3.41	58.09

Se logra evidenciar que aún en el escenario pesimista (8% de ahorro anuales) se tiene una recuperación de la inversión en 58 años. Esto se debe a que el ahorro en este caso es casi nulo, porque el salario del operador es muy parecido al ahorro del bactericida. Sin embargo al observar los escenarios conservador y optimista, existe un retorno de la inversión en 4 y 1 años respectivamente. Esto se da porque el costo del operario es fijo, mientras que en el precio del bactericida pueden preverse aumentos con el tiempo. Es por eso que se tienen los tres escenarios posibles dando utilidades diferentes. Por lo que al utilizar este método de análisis se llega a la conclusión de que el proyecto es viable, así como también se debe tomar en cuenta que es un proyecto que estará generando ahorro constantemente, hasta que la empresa deje de existir.

2. Relación Beneficio/Costo del Proyecto: En la siguiente tabla se expresa la relación económica de beneficio/costo, la cual se realizó como otro método complementario para observar la viabilidad del proyecto. Es por eso que también se aplicaron los tres escenarios posibles de ahorro (beneficio).

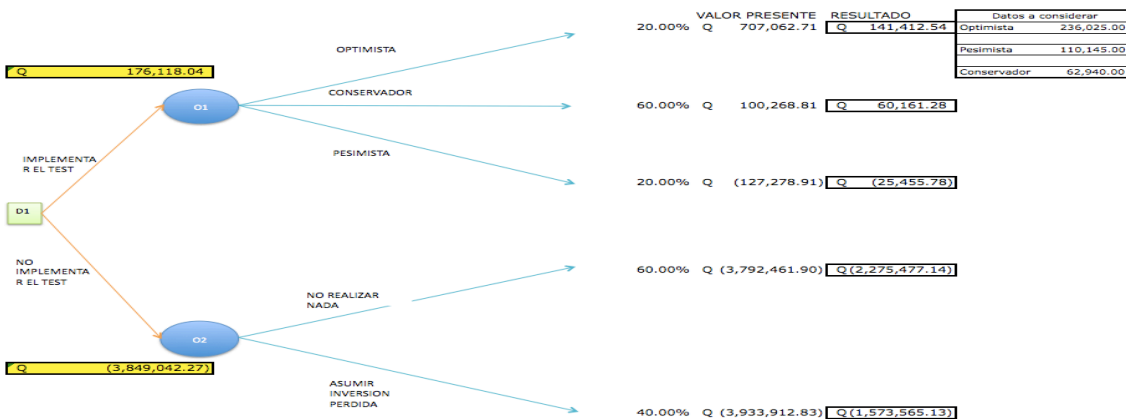
Tabla15. Relación Beneficio/Costo

COSTO BENEFICIO		Optimista (30% de ahorro)	Conservador (14% de ahorro)	Pesimista (8% de ahorro)	
Beneficio	\$786,750.01	Q236,025.00	Q110,145.00	Q62,940.00	
Costo	Q(430,675.86)				
Tasa	20.75%				
Relación Beneficio/Costo ((beneficio-contrabeneficio)/costo)		Resultado	2.64	1.23	0.70

Como se observa en la tabla, los escenarios conservador y optimista, con 1.23 y 6.64 respectiva. Serían las únicas dos opciones a considerar como económicamente viables, porque en el caso del escenario pesimista el valor (0.70) no está por arriba de uno, siendo ésta la regla para aceptar económicamente un proyecto. Lo que hace que se tome como económicamente no viable. Sin embargo la pérdida es casi insignificante en comparación con las posibilidades de esta dirección, nos muestra en su desarrollo el árbol de decisión.

3. Árbol de Decisión:

Figura 5: Árbol de Decisión



En la Figura 5 se observa el árbol de decisión que se elaboró, en el que se evidencian las diferencias significativas entre las estimaciones financieras derivadas de implementar el “test” o no. En resumen, si se implementa el “test” y se da el escenario pesimista, las pérdidas pueden ascender a más de veinticinco mil quetzales; sin embargo si no se llega a implementarlo, se pueden generar pérdidas mayores a tres millones de quetzales.

VII. Elaboración de material audio visual

Al iniciar el megaproyecto se solicitó que se realizara algún tipo de material, para facilitar el entendimiento del proceso en futuros estudiantes que persigan proyectos de mejora en esta importante agroindustria guatemalteca. Se concluyó que el mejor método sería la realización de material audio visual. Es por eso que en una visita que se hizo al ingenio se tomaron una serie de videos para mostrar el proceso de producción general, y así evitar pérdida de tiempo en la inducción de los alumnos. La duración del video es de siete minutos con cuatro segundos y busca incentivar y motivar al estudiante para formar parte de mega proyectos similares.

Para la elaboración de este video se requirió del permiso de las autoridades del Ingenio. Es por eso que éste no puede ser utilizado con otro fin que no sea el manifestado al solicitar el permiso, y queda en poder de la Facultad de Ing. Química la única copia existente.

VIII. La dinámica de mejora continua del megaproyecto

Considerando la importancia de que toda actividad investigativa refleje el aporte de los estudiantes que participan en la misma, la metodología de megaproyecto se ha significado como una oportunidad de expresión e intercambio dinámico que enriquece los trabajos de graduación realizados bajo esta modalidad y aportar elementos para ser considerados en el futuro, dada la continuidad en el tiempo del proyecto en mención, ya que persigue la excelencia a través de un proceso de mejora continua.

Las oportunidades de mejora que se identificaron durante la realización del presente trabajo fueron específicamente en las áreas de comunicación intragrupal y de estructura para la división y organización de las diferentes tareas.

Y es por todo lo antes mencionado que se recomienda la generación de un organigrama de acuerdo con las necesidades futuras del megaproyecto, con el objetivo de apoyar una correcta asignación de jerarquías y un mejor desempeño de las labores que en ese momento se asignen a los estudiantes. Así como también se recomienda que todos los estudiantes tengan acceso a todos los datos que se van obteniendo, para evitar la falta de documentación para la elaboración de los informes finales.

IX. Conclusiones

1. Se desarrolló la metodología (Apéndice#1) para la determinación de costos del megaproyecto.
2. Se realizó la evaluación preliminar, utilizando la metodología desarrollada de los costos del megaproyecto, resultando beneficioso y viable.
3. El porcentaje aportado por cada una de las partes implicadas fue de: 53.53% para la Universidad del Valle de Guatemala, 43.51% para los estudiantes y 2.96% para el Ingenio Pantaleón.
4. Los costos aportados por la universidad ascienden a Q.133,027.64, ya que el ingenio no estaba dispuesto a aportar económicamente al proyecto. Sin embargo, por un lado se logran los objetivos estratégicos de la universidad, y por otra se logró que finalmente el ingenio aporte mayoritariamente al proyecto. Lo que justifica la distribución de gastos de la primera etapa.
5. El costo total del proyecto fue de Q. 250,385.97. Sin embargo el costo de la realización del mismo en la industria (de no haber sido realizado en conjunto con la universidad) hubiera sido de Q. 141,450.93.
6. Debido solo al ahorro que presenta el gasto en bactericida, el test de resasuarina es económicamente viable.
7. Se desarrolló un material audiovisual del proceso de producción, que cumple con las exigencias para el entendimiento del mismo.

X. Recomendaciones

1. Contemplar la implementación del “test” de Resasurina ya que generará un ahorro significativo en costos, así como también en la calidad de la materia prima, para la elaboración de azúcar de caña.
2. Desarrollar programas y proyectos de investigación de metodología que identifique la actividad microbiológica en el jugo de caña, siempre contándose con los análisis económicos correspondientes.
3. Identificar estrategias de reducción de costos para el desarrollo de investigaciones como esta, con la finalidad de disminuir principalmente el aporte económico de los estudiantes.
4. Fortalecer los procesos de investigación acerca del beneficio que se tiene mediante la disminución de uso de bactericidas para el ahorro de Cal en el proceso industrial de fabricación de azúcar de caña.
5. Identificar otras especialidades en el entorno académico que aporten conocimientos y experiencias adicionales a proyectos afines.
6. Estructurar un organigrama funcional dentro de la metodología de Mega Proyectos, para eliminar problemas de comunicación y toma de decisiones.
7. Implementar un sistema de documentación de información para mantener un registro al alcance de todos los involucrados en el proyecto, ya que hubo atrasos ocasionados por falta de disponibilidad de información.
8. La metodología financiera utilizada demostró ser de utilidad para la elaboración del análisis económico, por lo que podría utilizarse este modelo para estudios similares posteriores.

Bibliografía

- Chang, R. (2002). *Química*. Colombia: McGraw-Hill .
- Crowe, R. E. (2002). *Mecánica de Fluidos*. México: Grupo Patricia Cultural, S.A.
- Fernand P. Beer, E. R. (2004). *Mécanica Vectorial para Ingenieros*. México: McGraw-Hill.
- Guatemala, A. d. (2007). *ASAZGUA*. Retrieved 2010, from <http://www.azucar.com.gt>
- Halliday, R. K. (1998). *Física*. México: Compañía Editorial Continental, S.A.
- Hornngren, S. E. (2000). *Introducción a la Contabilidad Financiera*. México: Person Educación de México S.A.
- James R. Evans, W. M. (2008). *Administración y Control de la Calidad*. México: Cengage Learning Editores, S.A.
- Leland Blank, A. T. (2006). *Ingeniería Económica*. México: McGraw-Hill.
- Luis Augusto Nero, V. B. (2002). Assessment of the Efficiency of simplate Total Plate Count Color Indicator (TPC CI) to Quantify Mesophilic Aerobic Microorganisms in Pasteurized Milk. *Brazilian Journal of Microbiology* , 5.
- Montgomery, R. (2005). *Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería*. México: Editorial Limusa, S.A.
- Niebel, F. (2007). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- Porta, A. (1955). *Fabricación de Azúcar*. Barcelona: Salvat Editores, S.A.
- Smith, W. F. (2004). *Ciencia e Ingeniería de Materiales*. México: McGraw-Hill.
- Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A. (2008). *Proceso de Elaboración de Azúcar*. Retrieved 2010, from San Carlos: <http://www.sancarlos.com.ec>
- Taha, H. A. (2004). *Investigación de Operaciones*. México: Pearson Educación de México, S.A.
- Villee, C. A. (1977). *Biología*. México: Nueva Editorial Interamericana, S.A.
- Voet, D. (2007). *Fundamentos de Bioquímica*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana, S.A.
- Yunus A. Çengel, M. A. (2006). *Termodinámica*. México: McGraw-Hill.

Anexos y/o Apéndices

Anexo 1: Metodología para la determinación de costos

- a- Determinación de las variables que generarán un gasto en el proyecto.
- b- Identificación de los costos: Iniciales, Fijos y Variables.
- c- Cotización de los costos iniciales del proyecto
- d- Estructuración y recopilación de los costos fijos en una hoja de Excel.
- e- Análisis de los costos variables
- f- Identificación de los cambios en la relación costo/tiempo para los costos variables.
- g- Investigación y obtención de promedios de consumo para los costos variables.
- h- Estructuración y recopilación de los costos variables en una hoja de Excel.
- i- Recopilación global de los costos, para obtener el gasto total del proyecto.
- j- Tratamiento estadístico de la información obtenida para la presentación de los resultados.

Anexo 2: “Test” de Resasurina:

Equipo y reactivos

Equipo

- Tubos de ensayo
- Beakers
- Colador
- Recipientes metálicos con tapadera
- Baño de María
- Termómetro
- Cronómetro

Reactivos

- Solución de resasurina 5ppm

a. Preparación de solución: Se preparara una solución de resasurina a una concentración de 10 ppm. Se esteriliza un balón de 1000 mL en donde se mezclara la solución. Se esterilizara 500 mL de agua para la dilución de la resasurina. Se deberá esterilizar la otra cristalería utilizada para la preparación de la solución de resasurina.

La solución deberá obtener un color final morado azul. Se deberá guarda la solución preparada a una temperatura de 5°C para evitar cualquier actividad microbiológica que se podría dar en la solución.

b. Aplicación de la prueba: Se procede a limpiar los tubos de ensayo que se utilizaran para incubar las muestras de jugo de caña. Llenar con resasurina los tubos de ensayo hasta un 70% de la capacidad de los mismos. Luego se llena el resto del tubo de ensayo con la muestra de jugo de caña.

Se colocará el tubo de ensayo en el baño de María a 37° C y se tomará el tiempo uncial de incubación de las muestra. Se deberá verificar la variación del color del tubo de ensayo durante el tiempo. Al llegar a un color equivalente al color del jugo de caña, se finalizara la incubación y se anotara el tiempo final de la muestra. (Diagrama de Flujo para el realizar el “test”, ver Anexo 1)

Figura 1. Colores presentados en la reducción de la resazurina



c. Interpretación de resultados para la prueba: Para la interpretación de los resultados obtenidos por el Test de resasurina se debe contabilizar el tiempo total de

decoloración de los jugos de caña. Este tiempo se deberá transformar a números decimales. Con el tiempo de decoloración se halla el Coeficiente Microbiológico (CM)

Coeficiente microbiológico (CM):

$$CM = \frac{5}{t_R} = \text{Carga} + \text{Actividad microbiana}$$

Ecuación 3.

Donde:

- CM es el coeficiente microbiológico
- t_R es el tiempo de reducción de la resasurina de la muestra analizada.

El coeficiente microbiológico (CM) es una variable que es proporcional a la carga y actividad microbiana de la muestra analizada.

A continuación se muestra las valoraciones dadas al CM por su valor numérico. Se decidió utilizar cinco diferentes intervalos para los valores de CM y se les asignó un color. Las valoraciones fueron bueno, aceptable, malo, crítico y muy crítico. A las valoraciones crítico y muy crítico se les asignó el mismo color. Este sistema de valoración será el que va a ser implementado en el ingenio, que sea una análisis simple y que pueda ser comprendido fácilmente por los operarios.

Cuadro 1. Valoraciones dadas al CM por su valor numérico.

CM	Valoración del resultado
Menor a 1.5	Bueno
1.5 – 2	Aceptable
2 – 3	Malo
3 – 5	Crítico
Mayor de 5	Muy crítico

Incremento del coeficiente microbiológico (ICM):

$$ICM = CM_2 - CM_1 \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde:

- ICM es el incremento del coeficiente microbiológico,
- CM_2 es el coeficiente microbiológico en un punto (generalmente es la salida de un punto o unidad).
- CM_1 es el coeficiente microbiológico en un punto (generalmente es la entrada de un punto o unidad).

El ICM es una variable que se utiliza para comparar salidas y entradas en una unidad, un punto o todo un sistema en base a los valores de CM. El ICM es negativo o cero, si no hay un incremento de los valores de CM y es positivo cuando existe un incremento entre los puntos de entrada y salida a comparar

Anexo 3: Cotización en UBL:

Cotización de UBL				
Descripción del producto	PrecioUnitario	Solicitar	Total	Observación
Tubo de ensayo 12*75mm PS (1000UN)	Q 183.35	1	Q 183.35	
TUBO DE ENSAYO KIMAX 258*150mm	Q 13.73	1	Q 13.73	
TUBO DE ENSAYO 13*100mm	Q 3.32	1	Q 3.32	
PIZETA PE. 0125ML	Q 25.70	1	Q 25.70	
PIZETA GRADUADA 01ml (0.01) CLASE B	Q 18.76	1	Q 18.76	
PIZETA GRADUADA 05ml (0.01) CLASE B	Q 21.48	1	Q 21.48	
PIZETA GRADUADA 10ml (0.01) CLASE B	Q 23.70	1	Q 23.70	
FRASCO AMBAR C/GOTERO 15ml	Q 4.98	1	Q 4.98	
D(+)-GLUCOSA ANHIDRA PFB 1KG	Q 626.44	1	Q 626.44	
GRADILLAS PP P/TUBOS DE ENSAYO HASTA 20mm 40 PLAZAS	Q 93.80	1	Q 93.80	

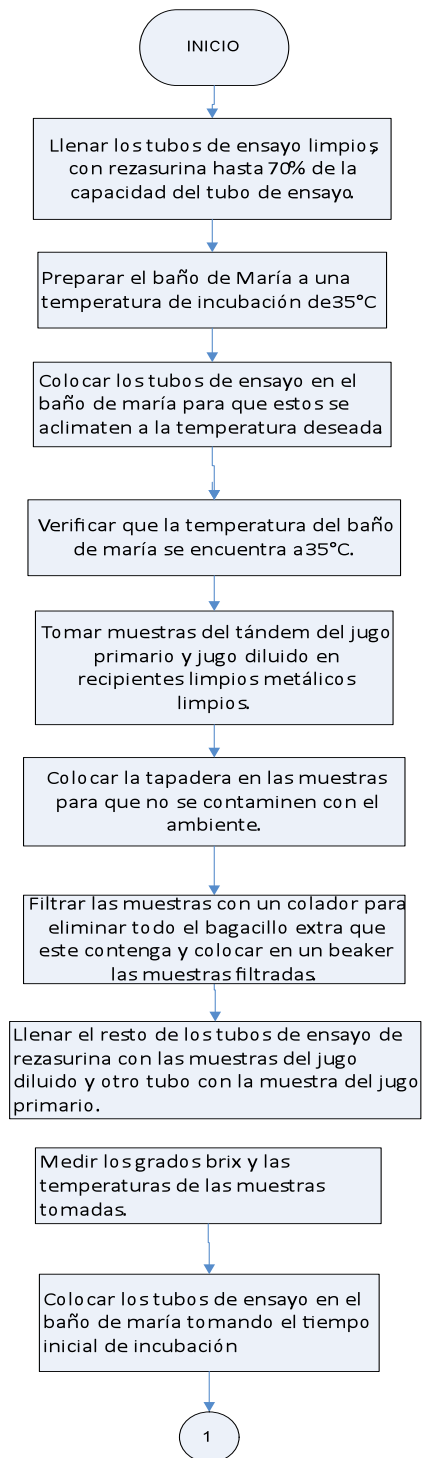
Continua
Anexo 3

Descripción del producto	PrecioUnitario	Solicitar	Total	Observación
GRADILLAS PP P/TUBOS DE ENSAYO HASTA 18mm 55 PLAZAS TOJA	Q 469.00	1	Q 469.00	Pack de 5 unidades
GRADILLAS PP P/TUBOS DE ENSAYO HASTA 25mm 32 PLAZAS	Q 93.80	1	Q 93.80	Pack de 5 unidades
GRADILLAS PP P/TUBOS DE ENSAYO HASTA 30mm 21 PLAZAS	Q 469.00	1	Q 469.00	
PIPETEADOR FORMA DE PERA 3 LLAVES ROJO	Q 59.86	1	Q 59.86	
ERLENMEYER 125ml	Q 31.80	1	Q 31.80	
ERLENMEYER 250ml	Q 32.91	1	Q 32.91	
ERLENMEYER 500ml	Q 41.46	1	Q 41.46	
BEAKER 100ml	Q 26.70	1	Q 26.70	
BEAKER 250ml	Q 25.56	1	Q 25.56	
BEAKER 1000ml	Q 71.92	1	Q 71.92	
PROBETA GRADUADA 10ml CLASE B	Q 58.01	1	Q 58.01	
PROBETA GRADUADA 25ml CLASE B	Q 60.23	1	Q 60.23	
PROBETA GRADUADA 100ml CLASE B	Q 71.83	1	Q 71.83	
BARRA MAGNÉTICA OCTAGONAL 127*9mm	Q 17.32	1	Q 17.32	
BARRA MAGNÉTICA OCTAGONAL 608*9mm	Q 34.12	1	Q 34.12	
ESPÁTULA DE AL. C/MANGO DE MADERA 5 LARGO	Q 49.66	1	Q 49.66	
ESPÁTULA DE AL. 3.2cm DE LARGO	Q 40.54	1	Q 40.54	
MICROCUCHARA/ ESPÁTULA DE AL 22.5cm DE LARGO	Q 53.45	1	Q 53.45	
EMBUDO DE VIDRIO 60mm VASTO CORTO	Q 76.90	1	Q 76.90	
EMBUDO DE VIDRIO VASTO CORTO 75mm DIA 90ml	Q 113.65	1	Q 113.65	
VIDRIO DE RELOJ 125 DIA	Q 32.95	1	Q 32.95	
VIDRIO DE RELOJ 150 DIA	Q 45.18	1	Q 45.18	
ASA DE NICROMO DE ARO NO CALIBRADO C/MANGO DE ALUMINIO	Q 51.02	1	Q 51.02	
ASA DE NICROMO DE PUNTA C/MANGO DE ALUMINIO		1		Frasco de 500g

Continúa
Anexo 3

Descripción del producto	PrecioUnitario	Solicitar	Total	Observación
CALDO MR-WP-CALDO ROJO DE METIL SEG. VOGES Y PROSKAUER	Q 1,319.11	1	Q 1,319.11	Frasco de 500g
AGAR BILIS-ESCOLINA-AZIDA SEÚN ISO A37-7899-2 PMB	Q 2,885.06	1	Q 2,885.06	
AGAR MÜELLER HINON 25g	Q 49.50	1	Q 49.50	
AGAR SIM 25g	Q 75.16	1	Q 75.16	
TOTAL	Q 7,370.96	38.00	Q 7,370.96	

Anexo 4: Diagrama de Flujo-“test” de Resasurina



Anexo 5: Diagrama de Flujo-“test” de Resasurina

