



**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Departamento de Ingeniería Industrial**

# Trabajo de Diploma

**Título:** “Estrategia para integrar la producción de azúcar y derivados, sin agredir el medio ambiente en la E. A. Elpidio Gómez.”

**Autor:** Yuniesky Torres Caballero.

**Tutor:** M.Sc. Fernando E. Ramos Miranda

Cruces, 27 de Mayo de 2009.

“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución.”

## AGRADECIMIENTOS:

---

Agradezco a mis padres y a mi esposa por su apoyo incondicional y demás familiares por guiar mis pasos por los caminos, con la equidad intelectual y porque su ayuda, siempre oportuna, en las horas más difíciles hizo que mis sueños se logaran. Le doy mil gracias a Fernando E. Ramos Miranda (mi tutor) y a todas aquellas personas que me brindaron su mano cuando más lo necesité.

Agradezco de forma especial al Comandante Fidel Castro Rúz y a la Revolución, por haberme dado la oportunidad de estudiar, graduarme del nivel superior para desempeñarme como Ingeniero Industrial y contribuir al desarrollo de nuestra sociedad.

## DEDICATORIA:

---

A mis comprensivos padres, quienes siempre han sido el motor impulsor en toda mi labor profesional.

A mi esposa por su apoyo incondicional y a toda mi familia, que ayudó a hacer posible este sueño.

A todas aquellas personas que aportaron sus experiencias para que este trabajo se realizara y saliera adelante.

## PENSAMIENTO:

---

“Nosotros les decimos a nuestros jóvenes estudiantes que el futuro está lleno de tareas, que el futuro está lleno de luchas que requieren conciencia, espíritu revolucionario y conocimientos.”

Fidel Castro Rúz.

## SÍNTESIS:

---

La presente investigación se llevó a cabo en la EA. Elpidio Gómez, perteneciente al MINAZ. El objetivo principal es proponer una solución para reactivar la necesaria recuperación del sector.

La estrategia de este trabajo está sustentada en el crecimiento cañero que se tiene proyectada para la zona donde se ubican la E. A. Elpidio Gómez y las posibilidades que tiene el mismo para integrarse en una planta de derivados de alta tecnología.

Mediante herramientas de Ingeniería Industrial se llega a la conclusión que el montaje de una Biorefinería integrada a la propia industria, para aprovechar las capacidades disponibles de energía eléctrica, vapor, agua y materiales tecnológicos.

En los balances se utilizan las capacidades instaladas al 85 %, considerando zafras de 130 días y la producción de derivados durante 300 días. El mercado a que se destinan las producciones después de satisfacer la demanda del MINAZ, es la venta en Moneda Libremente convertible tanto en frontera como para la exportación.

El sistema de producción es compatible con el medio ambiente al plantear soluciones para tratar los residuales que aportan aguas destinadas al fertirriego, abono orgánico, biogás y alimento para animales.

**INDICE**

	<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
	Introducción	8
	Problema de Investigación.	12
	Objetivo General	12
	Objetivos específicos	12
	Hipótesis de la Investigación	12
	Diseño Metodológico de la Investigación.	13
1	<b>Capítulo 1:</b> La diversificación en la agroindustria Azucarera reestructurada. Estado del Arte.	14
1.1.	Tendencias de la producción, la Comercialización y la Tecnología.	14
1.2	Porqué es necesaria una diversificación integral y flexible.	15
1.3.	Estrategia de una agroindustria diversificada.	15
1.4.	Bases para la Producción de Derivados.	15
1.4.1.	Prioridad de las producciones de derivados.	16
1.4.2.	Esquemas de producción.	16
1.4.3.	Formas de operación.	16
1.5.	Alimento animal y humano.	17
1.6.	Producción de alcohol.	17
1.7.	Energía eléctrica.	17
1.8.	Fertilizantes orgánicos.	18
1.9.	Tableros.	18
1.10.	Producciones derivadas existentes	18
1.11.	Derivados de mayor complejidad tecnológica e intensidad inversionista.	18
1.12.	Estudios de viabilidad económica.	19
1.13.	<b>ORGANIZACIÓN Y GERENCIA.</b>	19
1.14.	Sobre las tendencias del mercado azucarero mundial y las perspectivas de la Agroindustria Azucarera cubana.	19
1.14.1.	Principales aspectos de la dinámica del precio del petróleo, el azúcar crudo y el alcohol.	20
1.14.2.	Dinámica del precio del azúcar y el petróleo.	20
1.14.3	La demanda.	21
1.14.4.	El caso alcohol.	23
1.14.4.1.	El lado de la oferta.	24
1.14.5.	Características de las alternativas de diversificación	26
1.15.	Método para la selección de alternativas. Método Delphi.	29
1.15.1.	Características básicas del método Delphi.	29
2	<b>Capítulo 2:</b> Diagnóstico Industrial y Método para la medición de Oportunidades.	36
2.1	Diagnóstico.	36
2.1.1	Descripción del esquema tecnológico.	36
2.1.2	Cálculo del flujo de jugo a Calentadores.	39
2.1.3	Balance Energético	40
2.1.4	Balance de Combustible.	45
2.1.5	Análisis de los resultados del balance energético.	47
2.2	Proceso de Mejoras.	48
2.2.1	Selección de las técnicas a aplicar.	48
2.3	La biomasa, los biocombustibles y el medio ambiente.	54
2.3.1	La biomasa y los biocombustibles	55
3	<b>Capítulo 3:</b> Elaboración del plan de oportunidades de	58

	diversificación. Análisis de resultados.	
3.1	Aplicación del procedimiento para la Gestión de Mejora (Oportunidades).	58
3.1.1	Calculo de expertos:	58
3.1.2	Cálculo de la competencia de los expertos.	59
3.1.3	Criterio de los Expertos.	60
3.2	Biorefinería integrada como propuesta para la Fábrica de Azúcar Elpidio Gómez	61
3.2.1	El bagazo como materia prima fundamental.	62
3.2.2	Proceso tecnológico.	63
3.2.3	Costo de Producción.	63
3.2.4	Costos de Inversión.	64
3.2.5	Prospección.	65
3.2.6	Plantas de referencia en el mundo.	65
	Conclusiones	71
	Recomendaciones	72
	Anexos	73
	Bibliografía	74

## *Introducción:*

---

En el mundo se están produciendo cambios en la producción industrial, influidos principalmente, por la innovación tecnológica bajo la influencia de la microelectrónica, la informática, las comunicaciones, los nuevos materiales y los novedosos conceptos en práctica que sitúan como principal, recurso, el conocimiento.

Una parte importante de los productos fabricados en la actualidad, tienen cada vez menor valor en las materia primas y materiales, mientras crecen los costos por conceptos de diseño, presentación e innovaciones. Los productos van teniendo, cada vez, un mayor componente abstracto en sus costos, de manera que junto con el valor de la producción están los valores creados por sus formas de envase, presentación, publicidad, comercialización, servicios, postventa y otros, pueden deberse entre otros factores a la imagen ambiental de los mismos para ganar lugar en el mercado a partir de las exigencias sobre protección ambiental requerida por los consumidores. Los productos con mayores componentes abstractos serán producidos en los países desarrollados mientras que en los que prevalezcan componentes concretos serán producidos en los subdesarrollados, que no tendrán otra alternativa sino prepararse a tiempo.

En estas condiciones los productos que elaboran la industria moderna han pasado a tener, en las composiciones de sus costos, menos de un 10% de materia prima, mientras que a principios de siglo las industrias líderes en aquel momento gastaban en esos recursos por encima del 50%. Los siglos que caracterizan la industria del próximo siglo, entre ellas la química y la biotecnología, serán su sostenibilidad, una alta flexibilidad para el cambio, la permanente innovación tecnológica y el conocimiento como elementos central y más importante.

Estos investigadores plantean que las principales metas de los científicos e ingenieros están dirigidas al desarrollo de procesos de alta eficiencia energética, por medio de la utilización de mayores profesionales y una utilización múltiple del vapor, de tecnologías que aprovechen las posibilidades de la bioquímica, la bioingeniería y el aprovechamiento de las materias primas renovables, no contaminantes al medio ambiente.

La estrategia debe trazarse atendiendo a las condiciones de cada país, de cada territorio y deben considerarse factores económicos, políticos y sociales, entre ellos: los problemas del mercado, disponibilidad de materias primas y energía, financiamiento y fuentes de suministro, tecnología, equipamiento, disponibilidad y calificación de la fuerza de trabajo, perspectivas del territorio, sin perder de vista el componente ambiental.

La aplicación de herramientas de análisis de procesos permite al ingeniero industrial ver un gran escenario primero y los detalles después, permite identificar los objetivos globales de eficiencia antes cualquier actividad del mundo y encontrar la estrategia óptima para llevarla a cabo. Contar con una data de valores estadísticamente conscientes, que describa de forma acertada el comportamiento del proceso y los fenómenos que lo conforman, así como el conocimiento de los valores óptimos para el funcionamiento de sus operaciones, garantiza un proceso industrial óptimo. Si a su vez se integran herramientas de gestión y control de calidad, capaces de manejar estratégicamente los datos disponibles para prevenir deficiencias durante el desarrollo del proceso y tomar decisiones acertadas que permitan bajo la filosofía de las herramientas de gestión ambiental prevenir posibles afectaciones al medio, se alcanzara entonces el desarrollo de una industria verdaderamente sostenible.

Respecto a la necesidad de la protección del ambiente se debe tener en cuenta a las alternativas que deben ser consideradas en la industria azucarera y sus derivados así como la importancia de considerar la fiabilidad en el diseño de plantas para el tratamiento de los residuales en la industria azucarera y sus derivados, buscando un compromiso entre lo costoso de los sistemas y la necesidad de protección del medio así como realizar estudios inversionistas en la introducción de tecnologías limpias.

Por otro lado, en las decisiones formuladas de capital invertido de los proyectos de ingeniería, los procesos de tomas de decisiones están básicamente concentrados en las estimaciones siguientes: ¿que salidas adicionales o reducciones del flujo de caja están asociadas con las alternativas propuestas?, ¿como determinar los ingresos adicionales o los gastos reducidos del flujo de caja que resultaran de ellos?, ¿como evaluar las fluctuaciones de ingreso de los proyecto bajo incertidumbre y cuales son los limites inferiores y superiores?. Sin embargo aun es insuficiente el grado de incorporación del componente ambiental a estos análisis.

Ante la posibilidad de una inversión. Es vital que la empresa actúe con economía, competencia organización y otros elementos con perspectivas y prospectiva, sobre todo cuando se evalúan proyectos que tienen impactos en el futuro. Se trata de utilizar como criterios los indicadores de eficiencia, como lo hacia la ingeniería económica clásica e incorporarle, los cambios tecnológicos y organizacionales, con base en las áreas operacional, táctica y estratégica sin perder de vista la sostenibilidad de las inversiones., los posibles impactos será la incorporación a los sistemas de costos de la industria cubana presupuestos para revertir los impactos negativos causados al ambiente.

El horizonte de planeación o periodo de evaluación en estudios estratégicos es mucho más extenso. En general debemos considerar, que cuando se enfrenta a un problema con múltiples objetivos, como es el caso de una inversión será necesario sopesar las ventajas y desventajas de cada alternativa con relación a cada uno de los objetivos y realizar un balance de ellos.

Además de la utilización de una medida económica de efectividad (VAN, TIR Y PRD), medidas no económicas envuelven la decisión final de cada una de las alternativas disponibles. Cuando se añaden factores explícitamente incluidos en la evaluación, se utilizan criterios múltiples en la toma de decisiones. Es necesario establecer un método de criterios múltiples de evaluación, (González, (2008) plantea la necesidad de definir claramente los programas alternativos, de determinar y definir los factores a evaluarse (económicos y técnicos), de seleccionar o desarrollar y utilizar una técnica de criterios múltiples de evaluación, de escoger la alternativa con la mejor combinación de los resultados. (Galindo, 2009) incorpora al análisis la incertidumbre en el proceso inversionista, por diversos factores: en el tamaño de las plantas, las materias primas, el mercado, los intereses financieros definiendo proyectos alternativos determinando los factores que van a ser evaluados. Puede observarse que desde los inicios no se incorpora la dimensión ambiental en el análisis de los procesos inversionistas y por consiguiente la protección ambiental no ha sido un componente a tener en cuenta en el análisis del desarrollo de los procesos productivos, al menos no con la potencialidad que actualmente se requiere.

En el análisis de procesos, la aplicación de la modelación matemática y de los modelos de optimización constituye un importante medio auxiliar para la solución de problemas. Las limitaciones financieras y en tiempo obligan a emplear métodos breves y económicos de experimentación, así como a la utilización de modelos globales del proceso, vinculado al análisis de alternativa. Especial importancia ganan la utilización de modelos estadísticos, que cuantifiquen el efecto de los parámetros tecnológicos, los indicadores de consumo de materiales y energía, así como los costos de producción y de inversión y de desempeño ambiental, sobre todo cuando bajo las condiciones económicas de Cuba se trata de dotar a la industria de alternativas variables con un orden jerárquico para facilitar el proceso inversionista.

El análisis de proceso sugiere utilizar modelos de indicadores económicos (costo, ganancia), en función de las variables que inciden en el modelo tecnológico, con ayuda de los balances de masa y energía, los estudios cinéticos e incluyendo las variables externas del proceso, que inciden en la eficiencia económica del sistema. Si se analiza el concepto de sostenibilidad y la visión de aplicación de esta herramienta se está garantizando la producción, la economía del

proceso, pero se está dejando a un lado la necesidad de no comprometer el bienestar futuro de la humanidad, práctica común en la industria actual.

El análisis de proceso, según el cambio de la visión para la industria del próximo siglo ha continuado desarrollándose, la integración de procesos es una tecnología sistemática, basada en un enfoque hacia el desarrollo de procesos que persigue diferentes objetivos entre los que pueden mencionarse la minimización de los requerimientos energéticos, de la generación de residuales, la maximización de la eficiencia del proceso, optimización de un proceso o de una etapa de este.

La integración de procesos se caracteriza por dos elementos: la energía y la masa. La integración de masa facilita un entendimiento global de los flujos de masa dentro del proceso, guía al ingeniero a través de las complejidades de este y le permite entender el alcance de cualquier actividad de desarrollo de proceso. Las investigaciones en este tema han conducido al desarrollo de una herramienta sistemática y potente para el entendimiento total del proceso y explotar así sus posibilidades de integración.

(González, Cortés, 2004) con resultados satisfactorios planteo una metodología para implementar producciones más limpias a través del pulpeo con etanol como alternativa para incrementar la competitividad de fábricas de papel mediante su desarrollo prospectivo integrado a industrias de la caña de azúcar que permita aplicar un enfoque proactivo a través de las herramientas de integración. A su vez analizó la importancia que tiene la incertidumbre, en los balances y en la disponibilidad de los equipos, para abordar las barreras de la integración de procesos, minimizando los riesgos de la inversión en un complejo fabril integrado, obteniendo impactos positivos a través de la integración másica y energética.

Otros enfoques han surgido, se han desarrollado herramientas de gestión empresarial que de ser aplicadas con el enfoque previsto, sin lugar a dudas conllevarían a un mejoramiento del desempeño técnico, económico y ambiental de la industria química cubana.

En estos momentos además de los criterios anteriormente expuestos se requiere un estrategia de aplicación considerando como un sistema integrado los elementos de sistemas de gestión de calidad, ambiental, basados en el análisis de procesos para la solución de los problemas ambientales a través de la síntesis en los resultados obtenidos en el análisis de los procesos industriales que se desarrollen, requiriéndose una articulación de la metodología de trabajo, que garantice un carácter objetivo y estratégico de los estudios.

Cuba es un país altamente dependiente del exterior en cuanto a suministro de combustible y posee bagazo y la cachaza (reducidos de la industria azucarera), que pueden ser utilizados como una alternativa de materia prima para la producción de Biodiesel como una fuente de energía renovable y de producción nacional.

Es en este escenario es que aparece el concepto de Biorefinería integrada, que es la aplicación de tecnologías para obtener alcohol y otros derivados químicos a partir de bagazo, cachaza y jugos azucarados, obteniendo energía eléctrica, vapor y otros productos auxiliares de las capacidades existentes en la propia zafra. Este concepto se plantea para la E.A. Elpidio Gómez, perteneciente al municipio de Palmira.

### Problema de Investigación.

La inexistencia de un plan integrado a largo plazo de diversificación de la industria de la caña de azúcar en la EA. Elpidio Gómez.

### Objetivo General

Teniendo en cuenta lo antes expuesto nos planteamos como **Objetivo:** Diseñar un Plan de Diversificación en la EA Elpidio Gómez para garantizar el uso integral de la caña de azúcar mediante técnicas de gestión de procesos.

### Objetivos específicos

- Realizar un análisis bibliográfico sobre los criterios expuestos por los diferentes autores donde se aborda la temática de la diversificación con las mejores alternativas.
- Realizar un diagnóstico de las oportunidades que posee la entidad para la diversificación.
- Analizar según las oportunidades de la entidad la mejor alternativa de diversificación a implementar.
- Proponer el plan de diversificación.

### Hipótesis de la Investigación

La diversificación de la EA. Elpidio Gómez es factible, factible y oportuna.

## Diseño Metodológico de la Investigación.

El presente trabajo cuenta con la siguiente estructura:

1. Introducción.
2. Capítulo 1. La diversificación en la agroindustria azucarera reestructurada. Estado del Arte.
3. Capítulo 2. Análisis y determinación de las Oportunidades de Diversificación.
4. Capítulo 3. Elaboración del plan de oportunidades de diversificación.
5. Conclusiones.
6. Recomendaciones.
7. Anexos.
8. Bibliografía.

Para la realización del trabajo fue necesaria la utilización de un grupo de métodos y herramientas propias de la ingeniería industrial, las cuales son listadas a continuación:

- Observación Directa.
- Entrevistas y Encuestas.
- Mapas de Procesos.
- Métodos Estadísticos.
- Método de expertos.
- Tormenta de Ideas.
- Microsoft Excel.
- Flujo gramas.

## Capítulo 1: La diversificación en la agroindustria Azucarera reestructurada. Estado del Arte.

En Cuba, la Dirección del país ha decidido ir a un proceso de concentración y reconversión de la agroindustria azucarera como consecuencia de los problemas estructurales de los precios y del mercado azucarero que han estado influyendo negativamente en la economía cubana y que obligan a la búsqueda de alternativas que revaloricen mejor la caña con productos que puedan ir al mayor número de mercados (Ávila 2004).

En la búsqueda de alternativas para este propósito se ha reconocido que en los derivados de la caña de azúcar hay una potencialidad no aprovechada suficientemente que se puede sustentar en el conocimiento tecnológico alcanzado en el país y las experiencias productivas de varias décadas que permiten emprender un desarrollo de un número importante de productos con altas posibilidades de mercados y ventajas económicas. (González, E. 2006)

Los productos diversificados de la agroindustria cubana tendrán como prioridad la elaboración de azúcares de diferentes características y presentaciones, la obtención de alcoholes y bebidas, mieles intermedias, mieles ricas, piensos balanceados, fertilizantes orgánicos, energía eléctrica y tableros todo esto concebido en forma de esquemas tecnológicos flexibles que permitan dirigir la producción según la demanda del mercado, la estrategia de comercialización y los precios de los productos que deberán ser llevados a su más alto valor agregado.

### **1.1 Tendencias de la producción, la Comercialización y la Tecnología.**

En el mundo se están produciendo cambios discontinuos en el desarrollo de la producción industrial, impulsados principalmente por la innovación tecnológica.

Una parte importante de los productos fabricados en la actualidad tienen cada vez menor valor en los materiales y materias primas, mientras crecen en su composición los costos de diseño, presentación e innovación. Constituyen también tendencias en el ámbito internacional la creciente globalización de los mercados.(Labrada 2006)

Los signos que caracterizarán la industria en el nuevo siglo, serán: la permanente innovación tecnológica, su sostenibilidad, una alta flexibilidad para el cambio y el conocimiento como el elemento central y más importante.

## **1.2 Porqué es necesaria una diversificación integral y flexible.**

El nuevo siglo constituye de por sí un escenario de expectativas y nuevos retos para algunos productos de comercialización internacional como el azúcar. Hace unos años el azúcar mostraba precios deprimidos, sin embargo este año ha tenido los precios más altos de los últimos 25 años.

El hecho de que el valor de cambio del azúcar se deteriora constantemente y su precio en términos reales, hace variar las estrategias que se establezcan para el sector.

Otras son las consideraciones en su valor de uso, que no ha sufrido deterioro.

En las actuales condiciones de fuerte competencia internacional, no será suficiente con producir azúcar de forma eficiente, sino también estratégicamente.

Para lograr competitividad en la producción azucarera, será necesario alcanzar costos de producción inferiores, y junto con esto, intensificar las producciones diversificadas, tanto agrícolas como industriales, llevándolas a formas lo más terminadas posibles y extender la cogeneración energética.

## **1.3 Estrategia de una agroindustria diversificada.**

Con la utilización integral de la caña además de diferentes azúcares es posible obtener energía, alimentos y al mismo tiempo se evita la degradación del medio ambiente pero el problema de la alimentación constituye el más complejo y al mismo tiempo el más rezagado en soluciones, la caña es una importante fuente de alimentación, sin demandar más energía y de forma compatible con el medio ambiente.

Los tiempos que transcurren para la producción y comercialización del azúcar son tales que no basta con producir eficientemente y a bajos costos, es necesario ir a una diversificación integral.

## **1.4 Bases para la Producción de Derivados.**

(González, E. 2006) y (Ávila 2006) muestran una panorámica completa de las estrategias internacionales y nacionales para el sector azucarero.

#### **1.4.1 Prioridad de las producciones de derivados.**

A continuación se muestran las prioridades que se han estudiado por diferentes autores y directivos del Ministerio del Azúcar tomando en cuenta las condiciones actuales del sector.

- Elaboración de azúcares de diferentes características.
- Producción de alcoholes y bebidas
- Energía eléctrica
- Mieles intermedias y mieles ricas
- Piensos balanceados
- Fertilizantes orgánicos
- Tableros

#### **1.4.2 Esquemas de producción.**

- Esquemas tecnológicos flexibles
- Producción según la demanda del mercado y estrategia de comercialización
- Productos con el más alto valor agregado.

#### **1.4.3 Formas de operación.**

En las entidades mieleras:

- Esquemas flexibles que permitan usar los jugos en la producción de mieles ricas, alcohol y levadura torula.
- Mayor cantidad de bagazo sobrante para energía y derivados.
- Aumento del tiempo de operación al no depender del contenido de sacarosa en la caña
- Mejor aprovechamiento de la capacidad instalada.
- Generación de vapor y electricidad para otras producciones en períodos más largos de tiempo.
- Disminución de la necesidad de almacenamiento de mieles y bagazo al producirse durante períodos más extendidos.

- Producción de azúcar de calidad y alta pol durante los períodos de mayor madurez de la caña.

#### En las entidades azucareras.

- Esquemas flexibles que podrán destinar jugos de menos calidad y pureza a otras producciones fermentativas.
- Obtención de azúcares de alta pol.
- Diversidad de características y presentaciones de los azúcares.
- El más alto valor agregado en los productos.
- Acceso a un mayor número de mercados

#### **1.5 Alimento animal y humano.**

- Alta prioridad
- Piensos con el mayor componente nacional
- Mayor valor agregado en las producciones
- Conversión de los piensos en carne elaborada de diferentes formas y presentaciones.

#### **1.6 Producción de alcohol.**

- Empleará mieles finales (preferentemente), otras mieles y jugos
- Se producirán alcoholes flemas, finos, anhidro, bebidas, licores, CO<sub>2</sub>, levadura de recuperación y derivados de alcohol
- Residuales para Biogás, fertirriego, levadura torula y mostos concentrados

#### **1.7 Energía eléctrica.**

- El bagazo sobrante se dedicará principalmente a la generación de vapor y electricidad para el autosuministro y vender a la red.
- Será necesario adecuar a los turbos a extracción-condensación para hacer un mejor uso del vapor.

### **1.8 Fertilizantes orgánicos.**

- Se emplearán los residuos industriales y agrícolas.
- El proceso de composteo se hará con inóculos para acelerar su descomposición
- Se sustituirá una parte de los fertilizantes sintéticos.

### **1.9 Tableros.**

- Ampliar la producción en las capacidades existentes.
- Mejorar la calidad de las producciones.
- Dar respuesta a la demanda interna.
- Sustituir importaciones y desarrollar mercados para la exportación

### **1.10 Producciones derivadas existentes**

- Considerando los mercados costos y precios de los productos serán activadas instalaciones existentes.
- Las plantas de torula serán redimensionadas y reinstaladas junto a las destilerías para aprovechar los mostos.

### **1.11 Derivados de mayor complejidad tecnológica e intensidad inversionista.**

- Se desarrollaran como una segunda prioridad.
- Coexistirán producciones tradicionales con las de mayor complejidad tecnológica (Lisina, ácido cítrico, xilitol, tableros bagazo-cemento, pulpa de papel, plásticos, entre otros).
- Será necesario estudiar con mayor precisión, la transferencia de tecnología, financiamiento y mercados.

### 1.12 Estudios de viabilidad económica.

- Serán necesarios estudios de viabilidad técnico económica con metodologías internacionales.
- Deberán tener carácter banqueable para negociar los financiamientos.
- Los mercados serán objeto de estudios sistemáticos.

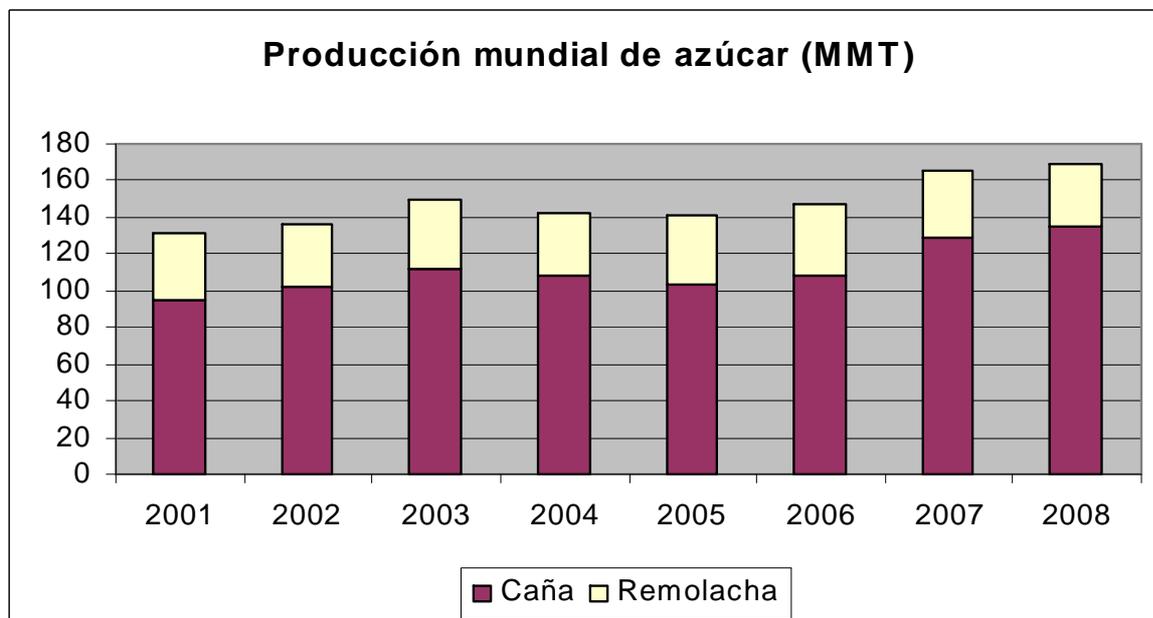
### 1.13 ORGANIZACIÓN Y GERENCIA.

- La flexibilidad e integración productiva demandará una gerencia idónea y dinámica.
- La necesidad de producir de cara al mercado va a demandar una organización con fuertes criterios económicos y financieros.
- Será necesario un programa de recalificación y entrenamientos para todos los niveles de Dirección.

### 1.14 Sobre las tendencias del mercado azucarero mundial y las perspectivas de la Agroindustria Azucarera cubana.

La producción de azúcar mundial se ha comportado establemente de forma creciente hasta niveles de 160 MMt por año, estimándose que en el 2010 esté por encima de los 180 MMt. La Fig. 1 ilustra la producción de los últimos 10 años (ISO 2007)

**Fig. 1 Producción mundial de azúcar**



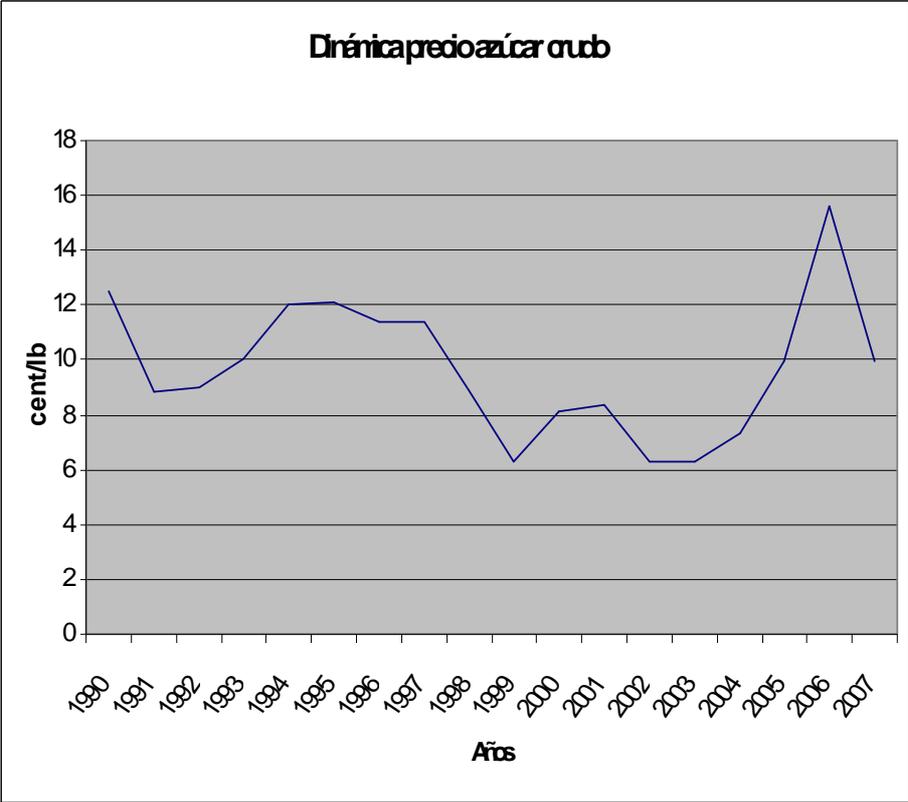
Fuente: ISO, Statistical Bulletin

La dinámica de los precios de los productos del azúcar y sus derivados no se han comportado obedeciendo a ningún esquema matemático. A continuación se exponen algunos puntos de vista.

**1.14.1 Principales aspectos de la dinámica del precio del petróleo, el azúcar crudo y el alcohol.**

En 2006, el precio alcanzó los niveles máximos de hace 25 años y se ha mantenido de esa forma hasta el 2009 que vuelve a alcanzar el valor máximo en 25 años casi 23 cts. por libra (Labrada 2009) donde se demuestra la elevada volatilidad del precio del azúcar

Fig. 2 Dinámica del precio del azúcar.

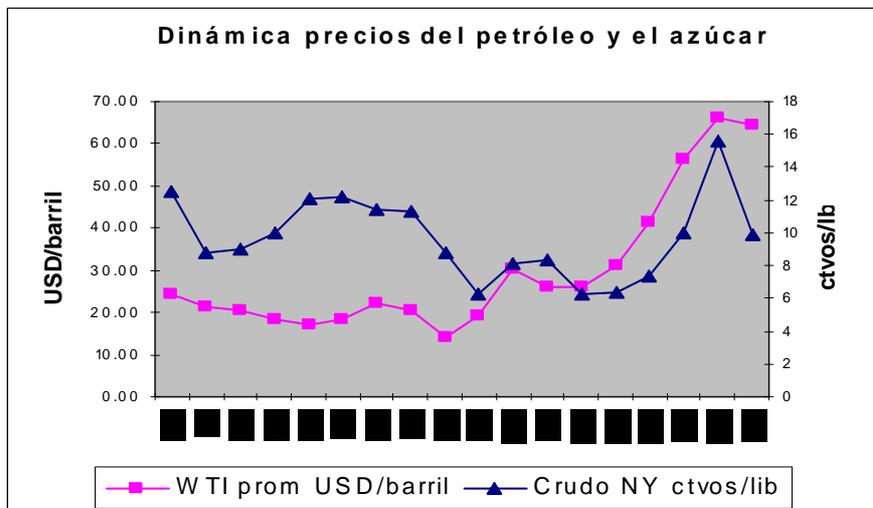


Fuente: ISO, Statistical Bulletin

**1.14.2. Dinámica del precio del azúcar y el petróleo.**

Casi nunca se menciona el comportamiento de los precios del azúcar con el petróleo. La Fig. 3 muestra el comportamiento del precio de ambos, mostrando como a partir de los años 90 se invirtieron los precios, perdiendo el crudo su posición por encima del petróleo sin recuperarse más.

Fig. 3 Precios del petróleo y el azúcar.



Fuente:: ISO, Statistical Bulletin

### 1.14.3 La demanda.

El análisis de la demanda: ¿es realmente estable? Parece que sí, pues crece sostenidamente a un 2% anual. Sobre todo en los países subdesarrollados. En EE.UU. desde el 70 al 03, el consumo de azúcares creció un 19% pero se están haciendo grandes campañas debido a que en informes recientes sobre estudios sobre el metabolismo se señala que estos alimentos pueden traer consecuencias para la salud en dietas desequilibradas.

El consumo de edulcorantes no crece al mismo ritmo. Los consumidores rechazan lo sintético ya que estudios sobre efectos cancerígenos de la sacarina confirman esta tendencia.

Por otra parte, la población mundial crece. Este factor demanda más azúcar. Al mismo tiempo, el consumo per cápita del mundo es muy dispar. La Tabla siguiente representa esta afirmación.

**Tabla 1.1 Per cápitas de consumo**

País	Consumo per cápita de azúcar (kg/año)
Singapur	81.1
Afganistán	1.8
Fiji	59,0
Israel	56.2
Cuba	56.1
India	16.7
Costa R	56.1
Japón	17.5
Brasil	54.9
Irán	28.1
Etiopía	2.9
China	7.0

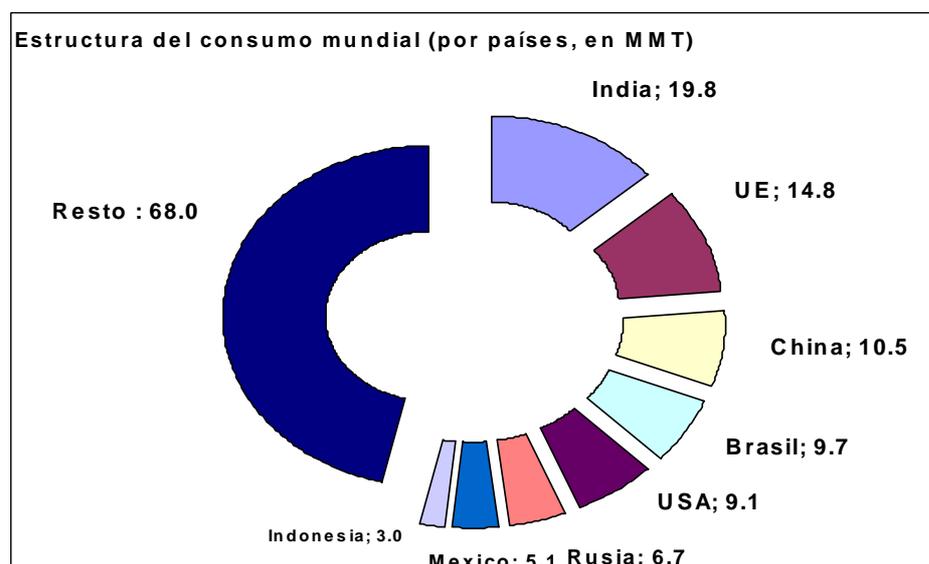
Fuente: www.economía.com

También hay que pensar que existe una correlación entre niveles de urbanización y consumo del azúcar, con más cantidad de ciudades, más aglomeraciones humanas, más consumo de azúcar sobre todo en bebidas, dulces y otros productos alimenticios.

En Nigeria, por ejemplo, de 1975 al 2005, el grado de urbanización pasó del 23.4% al 43.1%. El consumo per cápita pasó de 4.0 kg a 9.9 kg.

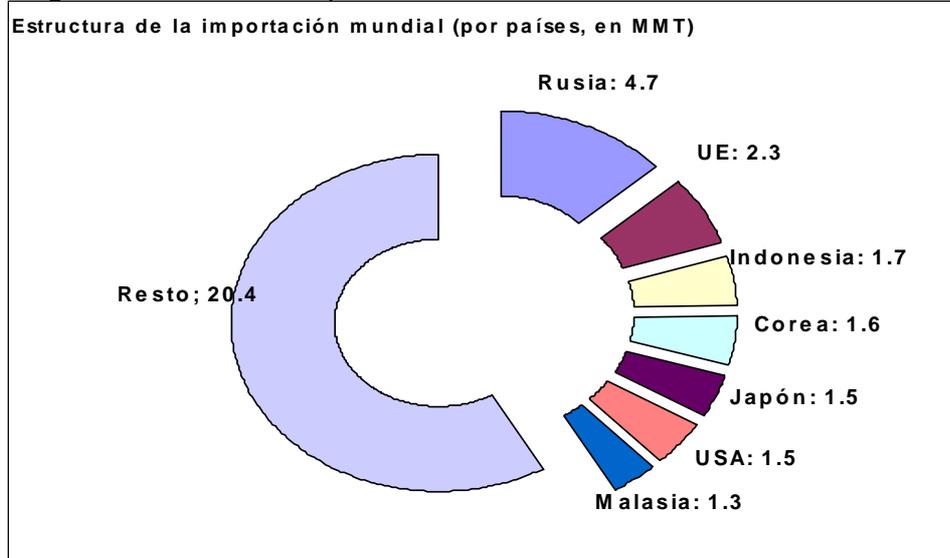
Por otra parte, la edad de la población también impacta en el consumo. El promedio en los países subdesarrollados es menor a 35 años. La Fig. 8 y la Fig. 9 muestran las estructuras de consumo y de importación actuales.

Fig. 4. Estructura de consumo de azúcar mundial.



Fuente: Labrada, 2006

Fig. 5. Estructura de importación.



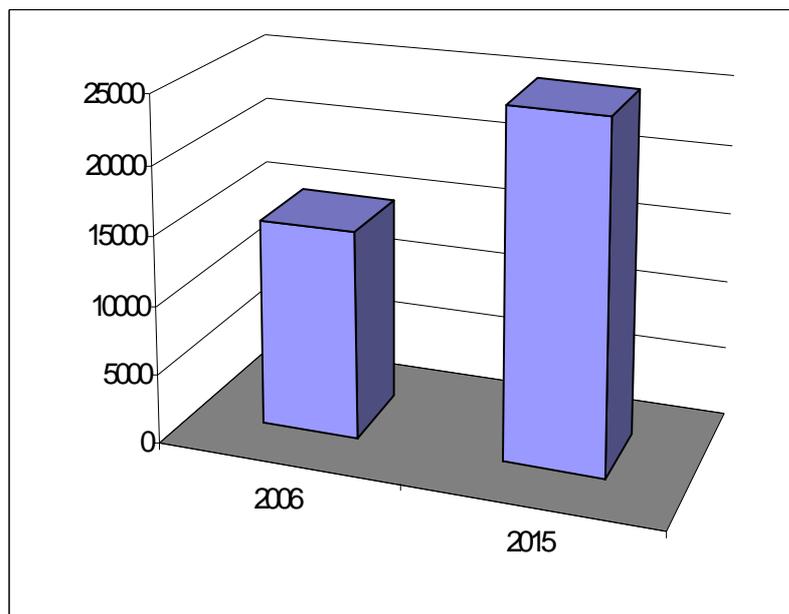
Fuente: Labrada, 2006

#### 1.14.4. El caso alcohol.

Brasil dedica más del 50% de su caña a producir alcohol, además, muchos países adoptan Programas para desarrollar la producción de alcohol.

Los programas de Brasil plantean pasar de 15 000 MMlitros de alcohol a 25 000, de ellos 6000 exportables Fig. 8.

Fig. 6. Producción de alcohol de Brasil.



Fuente: forum.agriscap.com

Esas cifras requieren de 175 MMT de caña, o sea, 2.5 MMha de caña. Si hoy, se dedican a caña 6.0 MMha, 8.5 MMha implicarían mayores tensiones en la logística y el medio ambiente.

Por otra parte hay que destacar que los Flex-Fuel Vehicle (FFV) son un éxito en Brasil y se comienzan a extender por todo el mundo.

#### **1.14.4.1 El lado de la oferta.**

Según las analistas de la Organización Internacional del Azúcar (ISO), aunque los productores han reaccionado a los precios del mercado, no parece probable que existan tales crecimientos que satisfagan la demanda a mediano plazo debido a que:

- Cuba, Colombia y el Caribe han disminuido sus niveles productivos y requerirán tiempo. Guatemala crece, pero no es significativa.
- Unión Europea: desaparecen 4,5-5,0 MMT de blancos.
- Rusia: aunque su población decrece y dejará de ser el primer importador, mantendrá déficit en su balance.
- África: Sus producciones, aunque aumentan, no puede abastecer la demanda creciente.
- China: producirá más de 10.0 MMT, pero será el principal IMPORTADOR.
- Asia: No puede cubrir la demanda.

En zafra 2005/2006 Brasil produjo 27.8 MMT de azúcar, algo inferior a los 28.2 de la campaña anterior. Planifica 31.3 MMT para el 2007. Exporta 19.3 MMT y prevé llegar a 27.0 MMT en el 2013.

Para esa fecha deben producir 25 000 MM litros de alcohol, de ellos, 6 000 MM para exportar. Para 2030 serían 55 000 MM litros, lo que supone pasar de 6.0 a 14.0 MmHa. De 350 MMt de caña a 670 MMt.

Sin embargo, existen factores limitantes que pueden afectar a corto o largo plazo las producciones de Brasil, estos son:

- Problemas medioambientales.
- Fuentes financieras para 129 proyectos de inversión (2500 MMUSD).
- Demanda creciente de alcohol para el mercado interno. Aunque 85% son flexibles, no parecen probables excedentes de azúcar.
- Precio de la tierra.

Como un ejemplo de las variaciones que estos factores pueden traer o no, para 2007 se preveía una producción de 157 MMt, con un excedente de 5,1 MMt sobre el consumo real, sin embargo la producción fue de 165.5 MMt, con un excedente de 10.3 MMt. Por lo tanto se prevé un cambio del mapa azucarero mundial, cuyos elementos fundamentales son:

- Retirada de la Unión Europea como exportador principal de blancos.
- Creciente dominación de Brasil.
- Importancia creciente del etanol para el mercado global del azúcar.

Tabla 1. 2. Pronóstico mundial para el alcohol de forma decreciente.

	PRODUCTOR	CONSUMIDOR	IMPORTADOR	EXPORTADOR
1	Brasil	India	China	Brasil
2	UE	UE	Indonesia	Tailandia
3	India	China	USA	Australia
4	China	Brasil	Rusia	
5	USA	USA	Nigeria	

Fuente: MINAZ

La perspectiva cubana:

La agroindustria reacciona a los precios y se plantea crecer en un 28% en la caña a producir. Pero deberá asegurar fuertes siembras para recuperar en 3-5 años niveles competitivos en producción y rendimientos cañeros. Se requiere inversión en maquinaria y transporte para poder sostener el crecimiento.

El alcohol y otros derivados pueden ser la válvula de escape. Tanto el mercado interno, como el externo asimilan cualquiera de estos productos. Hay una estrategia de modernización de destilerías existentes y estudia la construcción de nuevas plantas de alcohol anhidro, sin que comprometan área de alimentos.

De lograrse el desarrollo y/o acceso a tecnologías para obtener alcohol de las celdas lignocelulósicas del bagazo, aparecería un potencial adicional. Esta tecnología, integrada a ingenios azucareros donde podrían obtener energía de una forma cooperada sería la mejor opción. A esta posibilidad se le ha llamado biorefinería integradas (González, E. 2009)

#### **1.14.5. Características de las alternativas de diversificación**

Se trata con la diversificación integral y flexible de lograr una transformación de la agroindustria cubana acorde con los nuevos tiempos, de monoprodutora de materias primas de bajo valor agregado a un sistema empresarial multiprodutor de azúcar, energía, productos agropecuarios e industriales altamente revalorizados, con una diversidad y presentación acorde con la demanda del mercado.

Las Figuras 7, 8 y 9 muestran de acuerdo a tres niveles de tecnologías las características de las alternativas de diversificación a escala internacional.

Fig. 7 Alternativas de diversificación con tecnología elemental

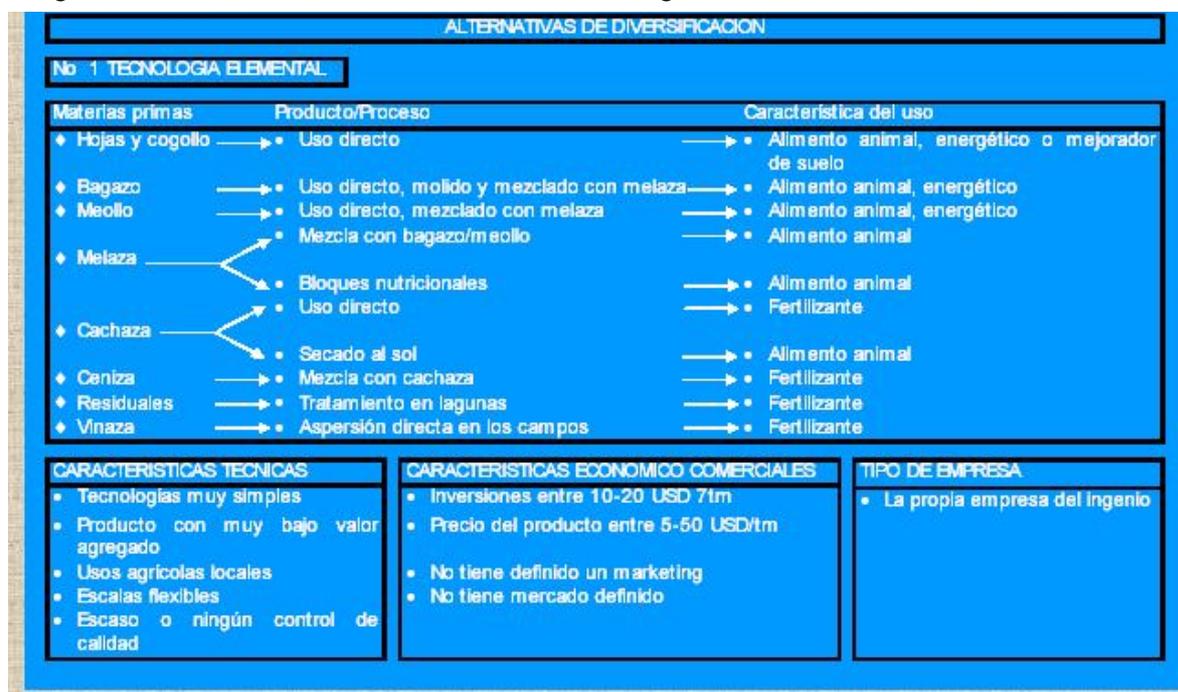


Fig. 8 Alternativas de diversificación con tecnología elemental

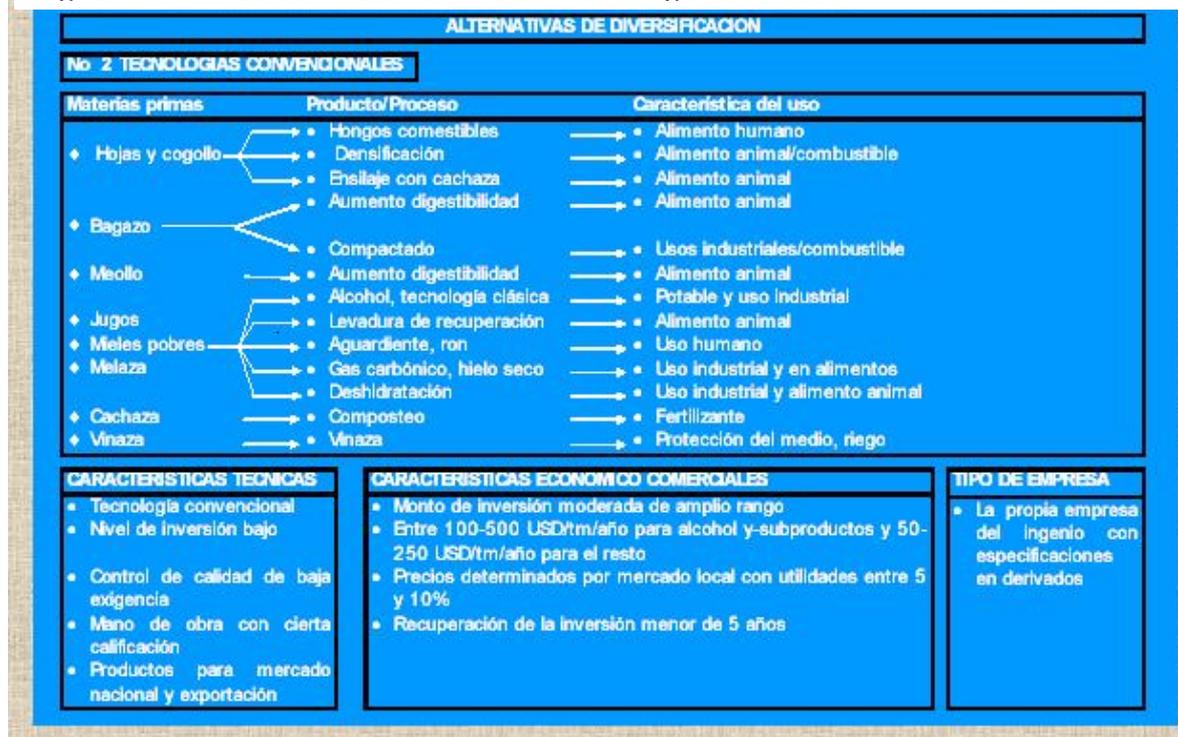


Fig. 9 Alternativas de diversificación con tecnología de alta complejidad

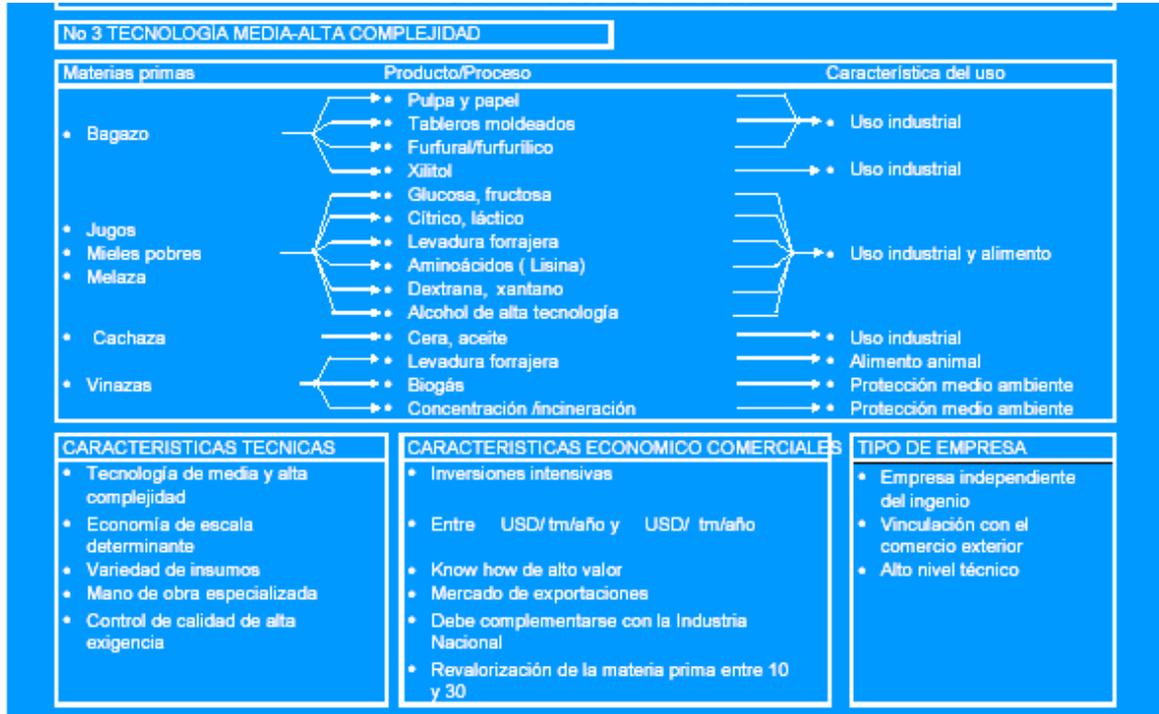
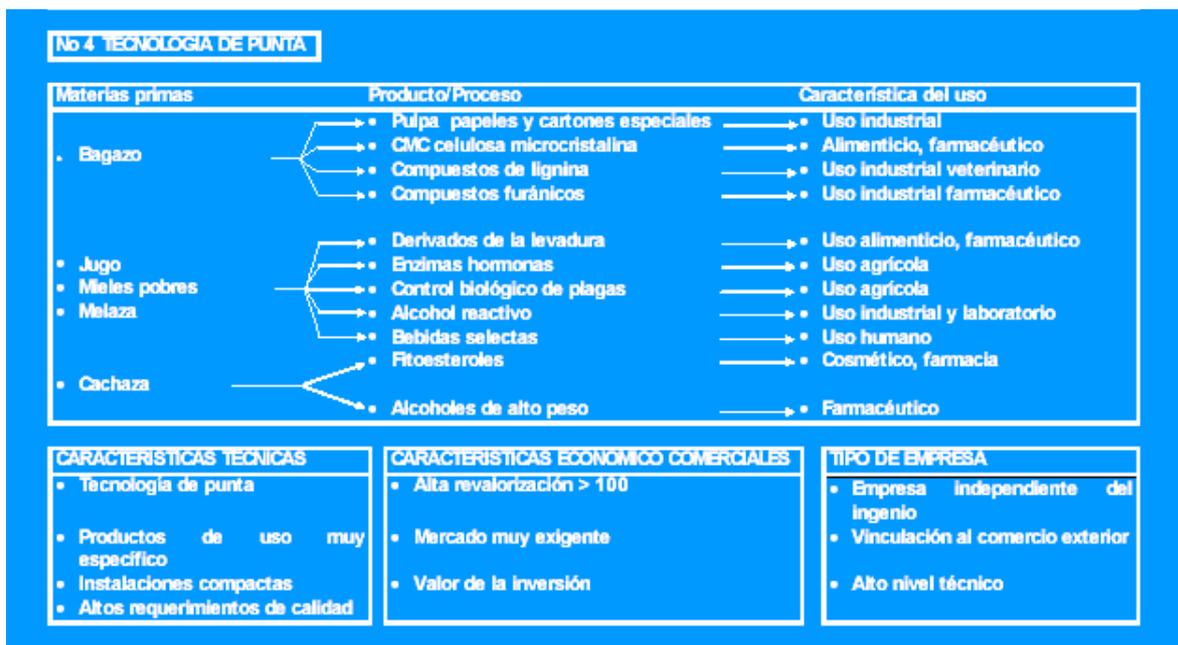


Fig. 10 Alternativas de diversificación con tecnología de punta.



### **1.15. Método para la selección de alternativas. Método Delphi.**

Son múltiples las ocasiones en que las técnicas matemáticas y estadísticas no permiten revelar la evolución de determinadas situaciones que pueden ser multivariadas en sus manifestaciones. De ahí que se precise buscar métodos que a partir de la experiencia y conocimientos de un grupo de personas considerados “expertos” en la temática que se está abordando, puedan exponer sus criterios subjetivos sobre la cuestión a ellos consultada.

Estos métodos de carácter subjetivo son denominados métodos de consulta a expertos y entre ellos está el “MÉTODO DELPHI”.

Según (Pons 2006) el método Delphi, se considera como uno de los métodos subjetivos más confiables, ya que constituye un procedimiento para confeccionar un cuadro de la evolución de situaciones complejas, a través de la elaboración estadística de las opiniones de expertos en el tema tratado.

#### **1.15.1. Características básicas del método Delphi.**

El método Delphi fue creado sobre los años 1963-64 por la Rand Corporation con el propósito de realizar pronósticos referidos a posibles acontecimientos que se pudieran manifestar en las diferentes ramas de la ciencia, la técnica y la política.

La particularidad fundamental de este método consiste en sostener un diálogo anónimo entre el grupo de personas consideradas expertos en la temática que se está abordando, expertos que son consultados de manera individual mediante cuestionarios que le son aplicados para obtener un consenso a partir de las valoraciones subjetivas que realicen cada uno de ellos.

El conjunto de opiniones que se obtiene de la consulta es sometido a un procesamiento estadístico.

Los resultados que se obtienen se les da a conocer a cada uno de ellos con el objetivo de que puedan modificar si así lo estiman las opiniones anteriormente dadas, a partir de conocer el criterio de sus colegas expertos.

Este proceso se repite las veces que se considere necesario por el equipo de investigación, hasta tanto se considere que los elementos de respuestas ofrecidos por dichos expertos no presentan variaciones significativas y puedan entonces ser consideradas respuestas totalmente consensuadas.

La aplicación de este método plantea los requisitos siguientes:

- El anonimato de los expertos.

Puesto que se les da a conocer los resultados de las rondas de respuestas de ellos, el no conocimiento de quiénes son los que respondieron, elimina las posibles influencias de aquellos que pudieran ser considerados más conocedores del tema en cuestión.

- La retroalimentación controlada.

Esto significa que una vez obtenidas las respuestas de la ronda de preguntas, deben ser totalmente procesadas de forma tal que se les ofrezca nuevamente a los expertos para que conozcan los criterios de los otros encuestados sobre las propias preguntas a él formuladas. Lo que permite al experto revisar su valoración y mantenerla o modificarla en la próxima ronda de preguntas. Este proceso se debe realizar cada vez que se considere llevar a vías de hecho una nueva consulta.

- La respuesta estadística de grupo.

El mantener un procesamiento estadístico de los resultados de cada una de las rondas les va permitiendo a los investigadores conocer la evolución de las respuestas de los encuestados lo que les permitirá sacar conclusiones finales de la temática que están abordando.

Por otra parte se considera muy poderoso el hecho de que las decisiones finales que tomen los investigadores estén avaladas por los resultados de las opiniones consensuadas de un grupo de personas considerados como expertos en la materia que se trate.

El método Delphi puede ser aplicado:

- Como previsión del comportamiento de variables conocidas.

Los cuestionarios se dirigen a indagar sobre el comportamiento previsible de esta variable.

- En la determinación perspectiva de la composición de un sistema.

En este caso los elementos que deben conformar ese sistema no son totalmente conocidos y se precisa entonces indagar sobre los que deben conformarlo, para considerar la posible estructura que deberá tener.

La secuencia metodológica se puede considerar en dos fases; la primera denominada preliminar y la segunda denominada de exploración.

En la fase preliminar se definen los elementos básicos del trabajo y se realiza la primera ronda de encuesta.

Este primer cuestionario cumple básicamente una función estadística, pues a partir de los resultados obtenidos, se puede entonces comunicar a los expertos una valoración sobre la distribución estadística de las respuestas, lo que redundará en que mantengan o modifiquen el criterio expresado por ellos.

En la segunda, la fase de exploración, se realiza las siguientes rondas de encuestas, hasta tanto los investigadores consideren y los expertos consultados comiencen a mantener sus criterios.

Elementos metodológicos.

1. La elaboración del cuestionario
2. La selección del grupo de expertos que se va a encuestar.

Para la elaboración de los cuestionarios hay que tener en cuenta que según el orden en que se apliquen, ellos tendrán especificidades en su confección. De esa manera en el primero, que se puede considerar preinvestigativo, las preguntas deberán ser abiertas y en el resto de los cuestionarios ir concretando los criterios que se fueron vertiendo por los expertos encuestados, a partir de los aspectos esenciales que se considere por el equipo de investigadores.

En ocasiones a los expertos se les deberá pedir argumentaciones de lo planteado.

La selección de los expertos debe hacerse con rigurosidad, a partir de plantearse qué persona se considerará experto.

Se entenderá por experto, tanto al individuo en sí como a un grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia.

Para considerar confiable la valoración emitida por este grupo de expertos se tendrá en cuenta:

- Cantidad de expertos que integren el grupo.
- Estructura del grupo por especialidades.
- Características de los propios expertos

Las características, estarán dadas por los indicadores siguientes:

1. Competencia,
2. Creatividad,
3. Disposición a participar en la encuesta,
4. Capacidad de análisis y de pensamiento,
5. Espíritu colectivista y autocrítico.

Es importante destacar la tendencia a considerar a una persona experta a partir de su grado científico, título académico o cargo que ocupa. Sin embargo estas condiciones algunas veces no determinan la competencia de una persona.

La competencia de un experto se podrá considerar a partir de la valoración que se realice del nivel de calificación que posea en una determinada esfera del conocimiento.

En ocasiones la consideración de experto a una persona se realiza a partir de la autovaloración de la propia persona y de las opiniones y criterios que emitan otras personas sobre él.

La competencia de un experto se puede medir a partir de obtener el coeficiente  $k$ , que se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$K = \frac{1}{2} (k_c + k_a)$$

Donde  $k_c$ , es el coeficiente de conocimiento que tiene el experto sobre la temática que se aborda, el cual se calcula mediante la autovaloración del propio experto en una escala del 0 al 10 y multiplicado por 0.1.

Estas consideraciones permiten afirmar la autovaloración que se hace el experto desde ningún conocimiento (valor 0), hasta el máximo de conocimiento e información valor 10. Habrá entonces 9 valoraciones intermedias.

Para eso se puede confeccionar una tabla como la siguiente:

Tabla 1.3.

Experto No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
n										

Para calcular el coeficiente de argumentación o Fundamentación **ka**, se toman los criterios del experto según las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón.

Al experto se le presenta una tabla como la que se muestra a continuación, y se le orienta que marque con una **X** las fuentes que considere han influido más en el nivel del conocimiento que tiene sobre la temática abordada y por supuesto se le dan tres opciones en cada una: alto, medio y bajo.

**Tabla 1.4. Con las fuentes de argumentación:**

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes según sus criterios.		
	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>
	<b>(Alto)</b>	<b>(Medio)</b>	<b>(Bajo)</b>
Análisis teóricos realizados por Ud.			
Experiencia obtenida			
Trabajo de autores nacionales			
Trabajo de autores extranjeros			
Propio conocimiento del estado del problema en el extranjero.			
Su intuición			

Posteriormente, a partir de las selecciones que han realizado los expertos, se obtienen los datos en correspondencia con una tabla patrón, como la que se muestra a continuación:

**Tabla1.5. Patrón.**

<b>Fuentes de argumentación</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Análisis teóricos realizados por Ud.	0,3	0,2	0,1
Experiencia obtenida.	0,5	0,4	0,2
Trabajo de autores nacionales.	0,05	0,05	0,05
Trabajo de autores extranjeros.	0,05	0,05	0,05
Propio conocimiento del estado del problema en el extranjero.	0,05	0,05	0,05
Su intuición	0,05	0,05	0,05

Seguidamente se suman todos los valores obtenidos y ese resultado será el coeficiente de argumentación **ka** de cada experto.

Teniendo como datos los coeficientes de conocimientos **kc** y de argumentación **ka**, se calcula el coeficiente de competencia de cada experto (**K**).

El código para la interpretación del coeficiente de competencia (**K**) es el siguiente:

**Si  $0,8 < K < 1.0$  entonces el coeficiente de competencia es alto**

**Si  $0,5 < K < 0,8$  entonces el coeficiente de competencia es medio**

**Si  $K < 0,5$  entonces el coeficiente de competencia es bajo**

Existen otros indicadores tales como la creatividad y la capacidad de análisis y de pensamiento que aún los especialistas no definen como medirlo con objetividad, aunque aparecen diferentes escalas para ello.

En relación con la disposición a participar en la encuesta, se hace evidente desde el mismo momento en que se le propone, cuestión que tendrá en cuenta el equipo de investigadores, pues si no se tiene una actitud de disposición, los criterios pueden expresarse de manera irreflexiva e impensada.

En cuanto al espíritu colectivista y autocrítico, se puede apreciar en principio desde la propia actitud para participar en la encuesta y en segundo lugar en la autovaloración que haga de sus conocimientos sobre la temática y sobre las fuentes de argumentación.

La selección de los expertos se deberá realizar atendiendo a tres etapas fundamentales:

1. La determinación de la cantidad de expertos.

Teniendo en cuenta las esferas del conocimiento que se consideren vinculadas a la problemática que se está tratando, se tendrá que pensar en un número máximo y mínimo de expertos a consultar.

$$M = \frac{P * (1-P) * K}{I^2}$$

P = 0.01 (Error mínimo que se tolera en el juicio de los expertos)

K = 6.6564 (Para un nivel de confianza del 99 %)

I = 0.1 (Nivel de precisión que se asumió).

2. La confección del listado de los expertos.

Para la confección del listado se tendrá que tener presente la calidad de los expertos, si están trabajando en la temática que se aborda, la responsabilidad de dirección que tienen y la posibilidad real de participación en las encuestas.

3. Consentimiento del experto para participar.

Es evidente que se precisa consultar al experto su deseo de participar, a partir de comunicarle que es considerado por el equipo de investigadores y por las otras personas consultadas como experto en la temática que se aborda.

## Capítulo 2: Diagnóstico Industrial y Método para la medición de Oportunidades.

En la Empresa Azucarera Elpidio Gómez se llevó a cabo un proceso inversionista que incluyó el montaje de dos Turbogeneradores de 3 000 Kw. de potencia cada uno y la electrificación del área de los molinos, por su impacto dentro del balance energético de la Industria se hace necesario la evaluación del esquema térmico para conocer el comportamiento que presentan los principales indicadores de eficiencia energética.

Un central se encuentra balanceado energéticamente cuando es capaz de satisfacer totalmente las demandas de energías térmicas y eléctricas del proceso productivo y lograr excedentes de bagazo que le permiten asumir las paradas y arrancadas de la Industria y aportar energía eléctrica al Sistema Electro energético Nacional (SEN), para ello se hace imprescindible el uso racional y eficiente del vapor.

Baloh, 2000 plantea que “en el caso de que la Industria tenga la posibilidad de entregar energía eléctrica a la red, se hace pasar todo el vapor vivo a través de la turbina, con lo cual se evita el proceso antieconómico de estrangulamiento, sin embargo la fabrica no puede comprometerse a entregar una cantidad constante de energía eléctrica a la red, a menos que se prevean las instalaciones necesarias para ello”...”para obtener la máxima cantidad posible de energía eléctrica a partir del vapor vivo, debe elegirse la presión más alta posible, por la misma razón se recomienda una baja presión de vapor de escape y turbinas con alto grado de eficiencia”, por lo que las alternativas propuestas en este trabajo se realizaron considerando este criterio debido al incremento de la capacidad instalada de generación eléctrica.

La evaluación del esquema térmico se realiza mediante la utilización de metodologías de cálculos de balances térmicos de la Industria Azucarera, principalmente del software TERMOAZUCAR, confeccionado por especialistas del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría (Pérez de Alejo 2006), que permite simular el comportamiento de los sistema termo energéticos azucareros para diferentes condiciones de operación, el cual ha sido probado con éxito en diferentes estudios realizados.

Los resultados obtenidos del balance térmico se corresponden con los parámetros de operación de cada equipo consideradas en cada caso, por lo que cualquier variación o alteración que se tenga de ellos (presión, temperatura, flujos, etc.), así como de la calidad de la materia prima influyen en estos resultados, ya que el balance energético representa el comportamiento de los diferentes indicadores en un instante de tiempo y para las condiciones de trabajo asumidas.

Este estudio presenta como limitante que fue realizado durante el periodo inactivo por lo que fue posible determinar realmente los parámetros de operación de los equipos tecnológicos (presión, temperatura, etc.), estos fueron proporcionados por los especialistas y técnicos de las diferentes áreas así como los datos técnicos de cada uno. Los datos del proceso fueron suministrados por el Laboratorio, tomando el promedio de las 5 últimas zafras.

## **2.1. Diagnóstico.**

El siguiente diagnóstico se hace tomando en consideración cuáles son las posibilidades que tiene la industria para asumir un plan de diversificación, especialmente en las áreas de vapor, electricidad y agua.

### **2.1.1 Descripción del esquema tecnológico.**

La Empresa Azucarera “Elpidio Gómez”, ubicada en el Municipio de Palmira, Provincia de Cienfuegos, posee una norma potencial de molienda diaria de 2 875 t/día (250 000 @/día), en el área de Basculador y Tándem hay instalado un Juego de Cuchilla de Picar Caña y 5 Molinos; cada uno de estos es movido por motores eléctricos a 600 rpm, con una potencia eléctrica de:

- 400 Kw. para el primer Molino.
- 320 Kw. para el segundo y quinto Molino.
- 250 Kw. para el tercero y cuarto Molino.

El área de Generación de Vapor posee cuatro Calderas EVELMA, tres de 20 t/h y una de 22 t/h de capacidad, las que tributan vapor a una presión de 18 kg/cm<sup>2</sup> y 310 °C a la línea de vapor directo de la Planta Eléctrica, donde se instalaron dos Turbogeneradores de 3 000 Kw. de potencia a 6 300 volts, entregando el vapor a la línea de escape de 1,05 kg/cm<sup>2</sup>

En el área de Calentamiento de Jugo hay instalado 6 Calentadores Weber de 43 tubos por pases, existen 13 taponados por pases por lo que realmente son 30 tubos por pases, con tubos de 32 X 1,5 X 4 900 mm, el calentamiento se realiza de la siguiente forma:

- Primer calentamiento se realiza en un calentador líquido a líquido.
- Calentamiento primario con vapor de la extracción del primer vaso del Cuádruple Efecto.
- Calentamiento rectificador con vapor de la extracción del PRE-evaporador.
- Calentamiento de Jugo Claro.

El área de evaporación tiene instalado dos PRE-evaporadores con una superficie calórica cada uno de 10 800 pcsc (1 003 m<sup>2</sup>), que se alimentan de vapor de escape de la línea de 15 psig y envían su evaporación a la línea de 5 psig de donde se alimentan la etapa de rectificación de calentamiento del jugo y los Tachos (existen 6). El Cuádruple Efecto posee una superficie calórico total de 29 000 pcsc (2 694 m<sup>2</sup>), que trabaja con vapor de escape y posee extracción del primer vaso a la etapa de calentamiento primario del jugo mezclado.

Existen dos Válvulas Reductoras de Vapor: una de 250 psig a 15 psig y la otra de 15 psig a 5 psig, para el completamiento de las demandas de vapor de los diferentes consumidores.

En la zafra, en el esquema térmico trabajaban con los dos PRE-evaporadores, esto era motivado, de acuerdo a lo planteado por el personal técnico y dirigente de la fábrica, porque con la evaporación de uno solo no se satisfacía la demanda de vapor, lo que demuestra la existencia de alguna dificultad que le impide lograr su operación eficiente ya que con la superficie calórica que posee es posible asumir con uno solo la molido diaria manteniendo una tasa de evaporación dentro de los rangos establecidos.

Esta incrustación se debe a la incorrecta instalación de la atemperadora y a la mala calidad del agua utilizada, para ello se recomienda el montaje de un atemperador intupible teniendo en cuenta los requisitos para su instalación y la utilización de agua de alimentar Calderas ya que la misma es un agua de gran calidad.

Analizando el esquema térmico vemos que con la utilización del Calentador Líquido – Líquido este se hace más eficiente obteniendo un consumo de vapor del proceso de un 43% de vapor en caña, de mantenerse este esquema para la próxima zafra se limitaría la generación de electricidad, por lo que consideramos no trabajar con este calentador para elevar el por ciento de vapor en caña y lograr una mayor explotación de la nueva capacidad instalada de generación en Planta Eléctrica de 6 000 Kw.

El esquema térmico propuesto para las nuevas condiciones de trabajo, donde se elimina el calentamiento del jugo mezclado en el Calentador Líquido- Líquido y se realiza el calentamiento en tres etapas de la siguiente forma:

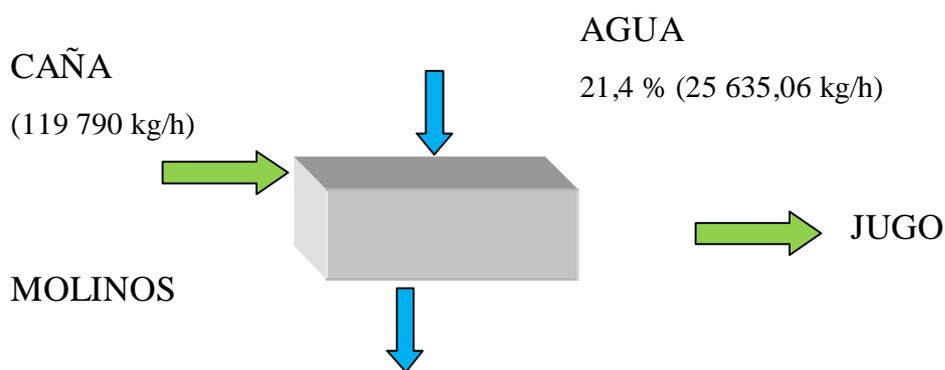
- Primera Etapa o Primaria con vapor de la extracción del I Vaso de Cuádruple Efecto.
- Segunda Etapa o Secundaria con vapor de la evaporación del Pre-evaporador.
- Tercera Etapa o Rectificadora con vapor de escape.

### 2.1.2. Cálculo del flujo de jugo a Calentadores.

Para el cálculo del flujo de jugo a Calentadores se realiza un balance de masas en el área de molino para la molienda de 2 875 t/día, datos utilizados:

Molida horaria	119,79 t/h
% Agua Imbibición	21,4%
% Bagazo en caña	32,8%
% Jugo de los Filtros	18%

Fig. 2.1 Balance Materiales Área Molino



### BAGAZO

32,8 % (39 291,12 kg/h)

Caña Molida + Agua Imbibición = Bagazo de Caña + Jugo Mezclado

$$119\,790 + 25\,635,06 = 39\,291,12 + \text{Jugo Mezclado}$$

Jugo Mezclado = 106 128 kg/h

El jugo que circula por los Calentadores es el Jugo Mezclado más el Jugo de los Filtros, considerando un 18 % de jugo Filtros, entonces:

Jugo Mezclado a Calentadores = 1,18 \* Jugo Mezclado

Jugo Mezclado a Calentadores = 1,15 \* 106 128

Jugo Mezclado a Calentadores = 125 231 kg/h

### **2.1.3. Balance Energético**

Calentadores de Jugo.

El calculo en esta área lo realizamos teniendo en cuenta la eliminación del Calentador Líquido – Líquido, por tanto se realiza el calentamiento del jugo mezclado en tres etapas de calentamiento más el calentamiento del jugo claro, para este se considera su flujo igual a la cantidad de jugo mezclado sin la incorporación del jugo de los filtros, o sea 106 128 kg/h.

Los Calentadores de Jugo son del tipo Webre modificados a Vampiro de tubos de cobre de 32 X 1,5 X 4 900 mm, 6 pases con 30 tubos por pases, con una superficie calórica de 88,67 m<sup>2</sup>

Como se aprecia la velocidad del jugo se mantiene por debajo de los rangos establecidos (1,5 ÷ 2 m/s) lo que favorece el incremento de las incrustaciones en las fluserías, lo que se puede corroborar por la cantidad de tubos que se encuentran tupidos por este concepto en los calentadores, el coeficiente de transferencia de calor que se obtiene es factible para este tipo de calentador, excepto en el calentador de jugo claro que se encuentra por encima de lo planteado en la bibliografía.

**Tabla # 2.1: Resultados de la simulación en Calentadores de Jugo.**

Parámetros	U.M	Primera	Segunda	Tercera	Jugo Claro
		Efecto	Efecto	Efecto	
Flujo de Jugo	Kg/h	125 231	125 231	125 231	106 128
Brix del Jugo	°Bx	14,95	14,95	14,95	14,77
Pureza del Jugo	%	85,23	85,23	85,23	85,2
Temp. Entrada Jugo	°C	35	70	88	98
Temp. Salida Jugo	°C	70	88	104	115
Vapor Procedente		1 Vaso	Pre	Escape	Escape
Presión Vapor	psig	5	6	12	12
	psia	19,7	20,7	26,7	26,7
Temperatura Vapor	°C	108,5	109,9	117,7	117,7
Velocidad del Jugo	m/s	1,4	1,4	1,4	1,2
	ft/s	4,6	4,6	4,6	4,1
Coeficiente de	Kcal./h.m <sup>2</sup> .°C	857,04	799	1 036,5	2 253,3
	BTU/h. ft <sup>2</sup> .°F	175,5	163,6	212,3	461,5
Consumo Vapor	t/h	7,5	3,9	3,5	3,2

### **Estación de Evaporación y Tachos**

El área de evaporación está compuesta por dos Pre-evaporadores de 1 003 de superficie calórica cada uno y un Cuádruple Efecto con una superficie calórica total de 2 694 m<sup>2</sup>

Los cálculos se realizan utilizando un solo Pre-evaporador ya que posee una superficie calórica capaz de satisfacer la demanda de vapor del calentador secundario (segunda etapa de calentamiento) y los Tachos manteniendo una tasa de evaporación dentro de los límites establecido para este tipo de equipo evaporativo. Los datos de operación de los equipos utilizados fueron proporcionados por los técnicos y especialistas del área. En la tabla # 2.2 se pueden apreciar los resultados del balance.

**Tabla 2.2 Resultados de la simulación de la Estación de Evaporación.**

<b>Jugo Entrada</b>	t/h	106,128	79,16	60,9	49,4	37,5
<b>Jugo Salida</b>	t/h	79,16	60,9	49,4	37,5	24,5
<b>Brix Entrada</b>	%	14,77	19,8	25,7	31,6	41,7
<b>Brix Salida</b>	%	19,8	25,7	31,6	41,7	63,8
<b>Presión Calandria</b>	psig	12	10	5	0	14" Hg.*
	psia	26,7	24,7	19,7	14,7	7,82
<b>Presión Cuerpo</b>	psig	6	5	0	14" Hg.	26 " Hg.
	psia	20,7	19,7	14,7	7,82	1,93
<b>Superficie Calórica</b>	pie <sup>2</sup>	10 800	9 000	8 000	6 000	6 000
	m <sup>2</sup>	1 003	836,1	743,2	557,4	557,4
<b>Tasa Evaporación</b>	lb/h.ft <sup>2</sup>	5,59	4,53	3,2	4,46	4,84
	Kg/h.m <sup>2</sup>	27,3	22,1	15,7	21,8	23,7
<b>Coefficiente de Transferencia Calor</b>	BTU/h.ft <sup>2</sup> .°F	398,6	391,9	216,6	165,1	80,4
	Kcal./h.m <sup>2</sup> .°C	1 081,3	1 063,1	587,7	447,8	218,09
<b>Evaporación</b>	t/h	26,9	18,2	11,4	11,9	12,9
<b>Consumo Vapor</b>	t/h	27,8	19,2	11,2	11,4	11,9

Consideramos que para los objetivos de éste trabajo es suficiente considerar el área de tachos como un tacho equivalente, sin necesidad de entrar en detalles del tipo de templa, cantidades, etc. Se hace notar que aunque los resultados muestran un valor fijo, llamado “nominal”, en la realidad el comportamiento de éstos equipos no es tan simple, se trata de los equipos más discontinuos dentro del proceso lo que repercute necesariamente y con bastante peso sobre el comportamiento energético de la fábrica en general.

Al realizar el cálculo del módulo correspondiente al área de Tachos, donde se tiene en cuenta el flujo de meladura, brix y pureza de la miel final y el azúcar comercial, el **consumo de vapor es de 22,4 t/h**, que representa el 18,7 % de la molida, la cual se encuentra en el rango establecido.

Al realizar una evaluación de los resultados vemos que la tasa de evaporación del Pre-evaporador se encuentra dentro de los rangos establecidos permitiendo satisfacer con su evaporación la demanda de vapor del calentador secundario y los Tachos.

En la Tabla 2.3 se muestran los valores recomendados del régimen de evaporación para equipos evaporativos tomadas del “Manual de Operaciones para la Fabricación de Azúcar Crudo”, elaborada por el Ministerio del Azúcar.

**Tabla 2.3 Régimen de evaporación de los equipos evaporativos.**

Equipo evaporador	Régimen de evaporación.	
	lb / h pie <sup>2</sup>	Kg / h m <sup>2</sup>
Vapor Cell a simple efecto	5.0 a 6.0	24.0 a 29.0
Vapor Cell a doble efecto	4.0 a 5.0	19.0 a 24.0
Triple efecto a condensador	6.0 a 8.5	29.0 a 41.0
Pre Evaporador	7.0 a 9.0	34.0 a 44.0
Cuádruple efecto	5.0 a 7.0	24.0 a 33.5
Quíntuple efecto	4.0 a 6.0	19.0 a 29.0

En el caso del Cuádruple Efecto los resultados obtenidos de tasas de evaporación y coeficientes de transferencia de calor están en correspondencia con lo planteado en la bibliografía para este tipo de equipamiento. En la tabla 2.4 se muestra un resumen de los consumos de vapor del proceso.

**Tabla 2.4 Resumen consumo de vapor del proceso.**

	I Vaso	Pre	Escape
Calentador Primario	7,5	-	-
Calentador Secundario	-	3,9	-
Calentador Rectificador	-	-	3,5
Calentador Jugo Claro	-	-	3,2
Tachos	-	22,4	-
Pre-evaporador	-	-	27,8
Cuádruple Efecto	-	-	19,2
Perdidas (3%)	-	-	1,6
Total	7,5	26,3	55,3

Como se aprecia el consumo de vapor del Pre-evaporador es de 26,3 t/h y con una tasa de evaporación de 5,59 lb./h.ft<sup>2</sup> (27,3 Kg./h.m<sup>2</sup>) logra una evaporación de 26,9 t/h que satisface la demanda del Calentamiento Secundario y los Tachos.

El consumo total de vapor del proceso de 55,3 t/h se corresponde con del 46,1% de vapor en caña, indicador que se encuentra dentro de los valores establecidos de acuerdo al esquema térmico existente.

### **Turbogeneradores**

Para el cálculo del consumo de vapor en los Turbogeneradores se tomaron los siguientes parámetros de operación:

- Vapor directo 240 psig (254,7 psia) y 300 °C.
- Vapor escape 15 psig (29,7 psia) y 150 °C

- Temperatura del agua a la atemperadora 98 °C.

Se considera que todo el vapor que demanda el proceso sea a través del paso por los turbogeneradores o sea que los mismos cumplan la función de la válvula reductora mediante el aumento o disminución de la carga a generar, siempre evitando el envío de vapor a la atmósfera para mantener el balance energético de la Industria.

Tabla # 2.5: Resultados del balance en los Turbogeneradores.

	Consumo de Vapor T/ hrs.	Generación. Kwh.
Turbogenerador # 1	42,6	3 000
Turbogenerador # 2	11,3	800
Total	53,9	3 800

Considerando que no existan perdidas en los Turbogeneradores y que el vapor de escape sea igual al vapor de entrada, sumado a la cantidad de vapor que se incorpora por el agua que se inyecta en la atemperadora (1,4 t/h) se logra satisfacer la demanda de vapor del proceso que es de 55,3 t/h manteniendo un balance de vapor estable, donde es posible generar **3 800 Kw.** obteniéndose un índice de generación eléctrica de **31,72 Kwh. /tcm.**

Considerando un 7,7% de vapor para suplir las perdidas por radiaciones, fugas y en otros usos (sopleteo de calderas, escobas, etc.) tenemos que la cantidad de vapor a generar por los generadores de vapor será de **58,06 t/h.**

#### **2.1.4. Balance de Combustible.**

Se denomina bagazo disponible (Bdisp) a la diferencia existente entre el bagazo producido (Bprod) y el bagazo de uso no combustible (Bunc), considerando bagazo no combustible todo aquel que sale de los molinos y no llega a Calderas, ya sea porque se destine a otros usos (bagacillo a filtros) o porque se pierda en manipulación, almacenaje, etc.

Bagazo Producido (Bprod):

$$B_{prod} = (\text{Bagazo \% Caña} / 100) * \text{Molida en t/h.}$$

$$B_{prod} = (32,8 / 100) * 119,79$$

$$\mathbf{B_{prod} = 39,29 \text{ t/h.}}$$

Bagazo Perdido por Manipulación y Almacenaje (Bpma):

$$B_{pma} = (B_{prod} * \% \text{ PÉRDIDAS}) / 100$$

$$B_{pma} = (66,91 * 1,0) / 100$$

$$\mathbf{B_{pma} = 0,392 \text{ t/h.}}$$

Bagacillo a Filtros (Bf):

$$B_f = (\text{Bagacillo \% Cachaza} / 100) * \text{Molida horaria.}$$

$$B_f = (0,7 / 100) * 119,79$$

$$\mathbf{B_f = 0,275 \text{ t/h.}}$$

Bagazo Disponible (Bdisp):

$$B_{disp} = B_{prod} - B_{unc}$$

$$B_{unc} = B_{pma} + B_f$$

$$B_{disp} = 39,29 \text{ t/h} - (0,392 \text{ t/h} + 0,275 \text{ t/h})$$

$$\mathbf{B_{disp} = 38,63 \text{ t/h.}}$$

Para el cálculo del índice de generación del área de Generación de Vapor consideramos una eficiencia promedio del área de 66%, un valor calórico inferior del combustible de 1 855 Kcal./Kg., con una presión de vapor de 250 psig con una temperatura de 310 °C y una temperatura del agua de alimentar de 98 °C.

El bagazo consumido (Bcons) lo calculamos por la siguiente expresión:

$$B_{cons} = \frac{Q_{abs}}{\eta * VCI}$$

Donde:

- $Q_{abs}$  es el calor absorbido por el vapor que es  $= D_{vapor} \cdot (i_v - i_{aa})$
- $D_{vapor}$  producción de vapor de las Calderas igual a 58 060 Kg./h.
- $i_v$  es la entalpía del vapor generado a 250 psig y 310 °C igual a 731.1 Kcal./Kg.
- $i_{aa}$  es la entalpía del agua de alimentar Calderas a 98 °C igual a 98 Kcal./Kg.
- $\eta$  es la eficiencia de las Calderas.
- VCI es el valor calórico del combustible.

Por lo que el bagazo consumido es igual a 30 t/h, por lo que el bagazo sobrante es 8,63 t/h y el índice de generación de vapor de 1,94 Kg<sub>vap</sub>/Kg<sub>bag</sub>.

Considerando que la molida diaria se comporte a un 80%, entonces se deja de moler al día 4 horas, de acuerdo a análisis efectuados y por la experiencia que se ha obtenido de otros estudios realizados se considera que durante las paradas el Ingenio demanda la mitad del vapor que consume durante la molida, en este caso el consumo durante las paradas será de 29,03 t vapor/h, lo que significa un consumo de combustible durante esas horas de 14,96 t bag/h.

Realizando un balance diario de combustible tenemos que para las 20 horas de molida el consumo de bagazo es de 600 t y para las 4 horas de parada es 59,84 t, entonces diariamente se consumen 659,84 t de bagazo y como el bagazo disponible diario es 772,6 t el **sobrante de bagazo diario será de 112,76 t bag/ día.**

### **2.1.5. Análisis de los resultados del balance energético.**

De los resultados obtenidos en el balance efectuado se pueden hacer los análisis siguientes:

- Con la no utilización del Calentador Líquido – Líquido se logra un aumento del consumo de vapor del proceso del 46% de vapor en caña, lo que contribuye a una mayor explotación

de la capacidad de generación eléctrica instalada ya que aumenta la demanda de vapor del proceso.

- En el área del calentamiento existe baja velocidad del jugo por el interior de las fluserías lo que provoca incrustaciones, principalmente en el Calentador de Jugo Claro.
  
- El calentador de jugo claro debe alcanzar un coeficiente de transferencia de calor alto, de acuerdo a lo planteado en la bibliografía, para obtener una temperatura del jugo de 115 °C a la salida.
  
- En el área de evaporación un solo Pre-evaporador es capaz de satisfacer la demanda de vapor del calentamiento secundario y Tachos, con una tasa de evaporación de 5,59 lb/h.ft<sup>2</sup> la cual está dentro de los rangos establecidos para este tipo de equipo, de acuerdo a lo planteado por los especialistas esto solo era posible de lograr utilizando los dos existentes, por lo que se recomienda la revisión técnica de estos equipos para detectar las causas que puedan provocar esta situación, como puede ser incrustaciones de la fluserías por el lado del vapor y de las entradas de vapor a la calandria que provocan una mala transferencia de calor o deficiente alimentación de vapor al mismo.
  
- La capacidad instalada de generación eléctrica se logra explotar a un 63,3% obteniéndose un índice de generación de 31,72 Kwh./tcm y un sobrante de combustible diario de 112,76 t, que permite suplir las paradas y arrancadas del Ingenio.

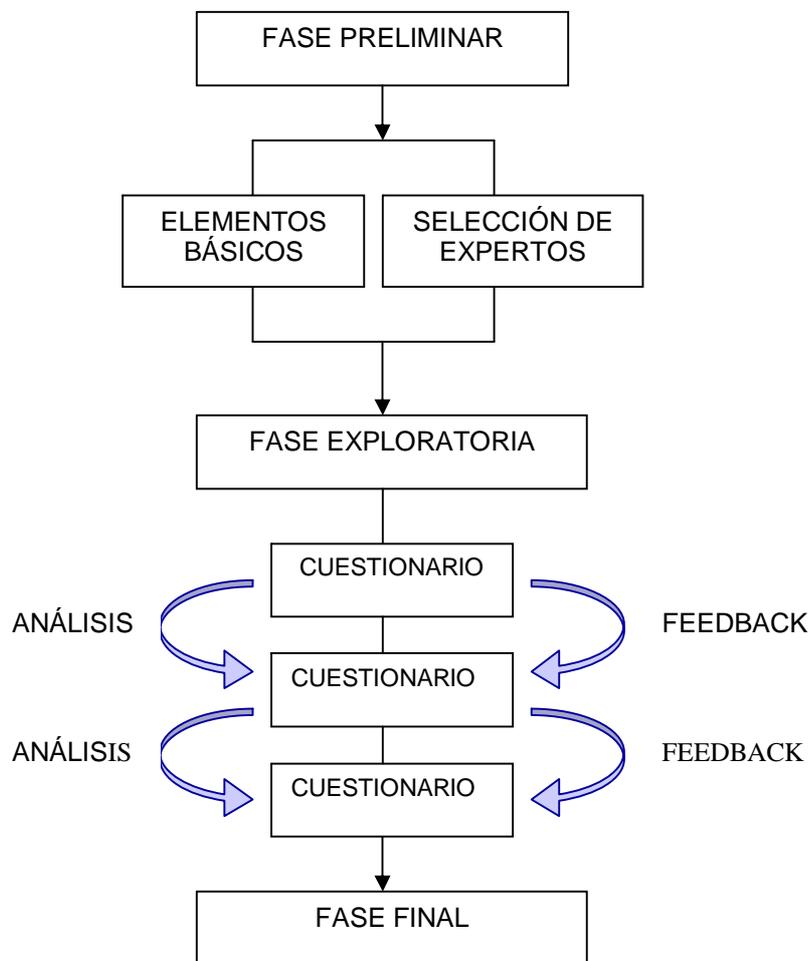
## **2.2. Proceso de Mejoras.**

### **2.2.1 Selección de las técnicas a aplicar.**

Como ya se ha detallado en los capítulos 2 y 3, es necesario encontrar una solución para los problemas que ha tenido esta entidad que ha determinado su paralización, por lo que seleccionamos el Método Delphi como una herramienta que nos permitirá tomar decisiones para la propuesta de esta investigación.

Es por lo tanto que se escoge el Método Delphi y de esta forma realizar el trabajo en el Grupo de Expertos y el Método del Coeficiente de Kendall para buscar la concordancia entre el criterio de los expertos, realizándose las adecuaciones necesarias para este estudio. Las principales etapas efectuadas se describen en la Fig.2.2

Fig. 2.2 Flujo grama de las etapas del método Delphi.



Se calculó el número de expertos que como mínimo hacen falta por la fórmula siguiente:

$$M = \frac{P * (1-P) * K}{I^2} = \frac{0.01 * (1-0.01) * 6.6564}{0.10^2} = 6.5898 \approx 7 \text{ (Expertos como mínimo)}$$

Donde:

P = 0.01 (Error mínimo que se tolera en el juicio de los expertos)

K = 6.6564 (Para un nivel de confianza del 99 %)

I = 0.1 (Nivel de precisión que se asumió).

Según la aplicación de la fórmula para el cálculo de la cantidad de expertos, como mínimo se obtuvo un resultado de 7 expertos, pero se seleccionaron 9, ya que se recomienda emplear de 9 a 25 expertos (Pons, 2006).

### **Indicadores seleccionados.**

Para la determinación de los Oportunidades y poder aplicar este método se realizó una tormenta de ideas y de ella obtuvo como resultado una recolección rápida de ideas con los siguientes indicadores (Ronda 1):

- Alcohol y sus usos
- Energía Eléctrica
- CO2
- Aminoácidos y fructooligosacáridos
- Alimento animal
- Medicamentos de uso animal (ferridextrana) como humano (Celulosa microcristalina, PPG, Dermocid)
- Resinas y aditivos

- Bioestimulantes de uso agrícola
- Obtención de plásticos a partir de hidratos de carbono
- Diversificación agropecuaria.
- Generar energía con bagazo sobrante.
- Venta de bagazo desmedulado.
- Aumento de generación eléctrica con turbina de condensación.
- Toda la paja como combustible.
- Rehabilitar fábrica de tableros Procuba.
- Fabricación de blanco directo.

#### Reducción del listado de Oportunidades (Ronda 2)

En la segunda ronda los expertos precisaron las 10 Oportunidades más importantes según lo siguiente:

- Venta de bagazo desmedulado.
- Generar energía con bagazo sobrante.
- Aumento de generación eléctrica con turbina de condensación.
- Fabricar alcohol con bagazo.
- Alimento animal con paja.
- Toda la paja como combustible.



Luego se pasó a aplicar el método del coeficiente de Kendall, para priorizar los criterios del grupo de expertos con conocimientos de los indicadores sometidos al estudio, de manera que cada integrante del panel realice ponderaciones según el orden de importancia que cada cual entienda de acuerdo con su criterio propio.

Para realizar los cálculos de acuerdo al coeficiente de Kendall, se elaboró una tabla donde aparecen los indicadores más relevantes expuestos por cada y la cantidad de expertos que emiten su criterio. Posteriormente se obtuvo la suma de los criterios de los expertos sobre cada producto ( $\Sigma A_i$ ).

Se calculó el valor del término T, el cual, además de servir para poder determinar la desviación del criterio del grupo de expertos, resulta ser el criterio de comparación que se utiliza para seleccionar los indicadores que se desean obtener, resultando ser  $T = 47,9$ .

Posteriormente se procedió a la realización de los cálculos de la desviación ( $\Delta$ ) y la desviación cuadrática ( $\Delta^2$ ) de los criterios de los expertos sobre los indicadores, los cuales se muestran en la Tabla 2. 7

Tabla 2.7. Valuación de Expertos.

Experto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Venta de bagazo desmedulado.	8	7	6	8	9	7	7	7	9
Generar energía con bagazo sobrante.	7	8	7	9	7	8	8	6	8
Aumento de generación eléctrica con turbina de condensación	9	9	10	7	8	9	9	9	7
Fabricar de alcohol.	6	6	8	6	6	6	6	5	6
Alimento animal con paja.	5	5	4	5	4	4	5	8	5
Toda la paja como combustible.	4	4	5	3	3	5	4	4	4
Rehabilitar fábrica de tableros Procuba.	2	1	1	2	2	3	3	3	3
Fabricación de blanco directo.	1	2	3	4	5	2	1	1	2
Fabricar Biorefinería integrada	10	10	9	10	9	10	10	10	10
Instalación de alimento animal miel – urea – bagacillo	3	3	2	1	1	1	2	2	1

Las indicadores a medir, son elegidos por tener un valor de  $\sum a_i < T$  y se determinan con un coeficiente de concordancia entre los expertos  $>0,5$  lo que equivale a decir, que si se cumple habrá concordancia de criterios entre todos los miembros que conforman el panel de experto, por lo que el estudio realizado será confiable.

Los indicadores calculados se muestran en la Tabla 2.8 y analizarán en el capítulo 3.

**Tabla 2.8 Cálculo de los indicadores de la Matriz de Expertos**

Indicadores	Rango de importancia									$\Delta$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Experto										
Venta de bagazo desmedulado.	8	7	6	8	9	7	7	7	9	18,9
Generar energía	7	8	7	9	7	8	8	6	8	18,9
Aumento de	9	9	10	7	8	9	9	9	7	27,9
Fabricar alcohol	6	6	8	6	6	6	6	5	6	5,9
Alimento animal	5	5	4	5	4	4	5	8	5	-4,1
Toda la paja como combustible.	4	4	5	3	3	5	4	4	4	-13,1
Rehabilitar fábrica	2	1	1	2	2	3	3	3	3	-29,1
Fabricación de blanco directo.	1	2	3	4	5	2	1	1	2	-28,1
Planta de miel-Biorefinería	3	3	2	1	1	1	2	2	1	38,9
integrada	10	10	9	10	9	10	10	10	10	-33,1

### 2.3 La biomasa, los biocombustibles y el medio ambiente.

Durante los tres decenios finales del siglo XX, el pensamiento sobre el desarrollo sufrió una profunda evolución, que puede ilustrarse con algunos trabajos destacados sobre el tema.

Por ejemplo, en 1987 la Comisión para el Desarrollo y el Medio Ambiente de las Naciones Unidas publicó *Nuestro Futuro Común* (Our Common Future o Informe Brundtland), que representó un hito crucial en el camino hacia el consenso internacional en cuestiones como la estabilidad del desarrollo.

En esa publicación quedó acuñado el término *desarrollo sustentable* como la habilidad humana para satisfacer las necesidades del presente sin menoscabar las habilidades para satisfacer las del futuro.

Estudios posteriores pusieron en duda las afirmaciones implícitas en *Nuestro Futuro Común*, acentuando la necesidad de actuar conscientemente y considerar otros enfoques para alcanzar la sustentabilidad.

El **medio ambiente** es el origen de todos los portadores de energía (renovables y no renovables), naturales o primarios y, al mismo tiempo, el final del ciclo de la energía, porque los desechos que son producidos como consecuencia de recorrer dicho ciclo, van a parar también al entorno y se depositan en las atmósfera, los ríos, los mares, etc.

### **2.3.1 La biomasa y los biocombustibles**

A continuación se ofrecen algunos datos sobre la biomasa a nivel mundial. Los factores motrices que estimularán la inversión en los proyectos para obtener energía de la biomasa varían de región en región, como también lo hacen las tecnologías seleccionadas.

Europa Occidental y Norteamérica, en virtud de sus estadios económicos, son las regiones más importantes para todos los sistemas basados en la biomasa; Asia posee el potencial máximo para la madera y para los materiales agrícolas, tanto basados en cultivos como en animales de crianza. No se han logrado aún los mejores resultados internacionales de los considerables esfuerzos en I+D que se realizan para los cultivos energéticos.

La capacidad instalada para aprovechar la biomasa a nivel mundial se estimó en 18 GW en el 2004 y se espera que alcance hasta 25 GW en el 2010. Las inversiones anuales en la biomasa a nivel mundial se estiman alrededor de 1,3 miles de millones de USD en 2004, aumentando hasta 2 mil millones de USD en 2010.

La biomasa fue el primer portador renovable de los EE.UU. durante el período 2000-2004, todos los años.

### Biocombustibles

En cuanto a la producción de biocombustibles (etanol y biodiesel), excedió los 33 mil millones de litros en 2004, cuando el etanol desplazó cerca de 3 % de los 1,2 billones de litros de gasolina mundialmente (según el ya mencionado informe **Renovables 2005**).

A continuación presentamos una selección de otras informaciones de interés sobre el tema:

- China construyó la mayor instalación mundial productora de etanol en Jilin (con maíz) y ahora experimenta con yuca, papa y caña de azúcar. Estudia los métodos productivos brasileños y consideran importar etanol de aquel país.
  - Japón siguió esa ruta y firmó en mayo pasado su primer contrato para importar etanol desde Brasil (15 millones de litros) como preludio para sustituir hasta 3% de gasolina, lo que demandaría anualmente 1 800 millones de litros de alcohol.
  - Brasil vende ahora etanol al equivalente de 25 USD el barril, menos de la mitad del precio del crudo; como la biomasa cañera se usa para fertilizar los campos y hacer funcionar las destilerías, el país emplea menos combustibles fósiles para producir alcohol que Europa y EE.UU., donde el etanol y el biodiesel cuestan 50 USD o más porque la cosecha dura menos, los rendimientos son menores y los salarios son más altos.
  - Pero el mercado global emergente de los biocombustibles ya confronta serias dificultades políticas: los grupos de presión de los agricultores apoyan fuertemente los biocombustibles, pero también solicitan barreras proteccionistas; todo el mundo simula que su entusiasmo es por el ambiente, pero en realidad es por los subsidios agrícolas. Para estimular los biocombustibles, la UE<sup>1</sup> paga 45 euros a los agricultores por cada hectárea de “cultivos energéticos” que cosechan y eso incentiva fuertemente a los agricultores europeos para impedir que llegue a su mercado el etanol barato.
  - Cuando en el año 2002 Pakistán obtuvo acceso especial a los mercados europeos y comenzó a exportar etanol, los grupos locales de presión persuadieron a Bruselas y se reestablecieron tarifas. Incluso dentro de la Unión, algunos países europeos han
-

establecido protecciones disimuladas. Casi todos los países poseen sus propias normas de biocombustibles con especificaciones ligeramente distintas. Los EE.UU. también tienen un arancel de importación de 50 centavos por galón de etanol brasileño.

#### Biomasa y biocombustibles. Acciones de Cuba

El Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía aprobado en 1993 por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros y la Asamblea Nacional del Poder Popular, ratificó el carácter estratégico de la biomasa cañera como fuente renovable de energía para respaldar el desarrollo prospectivo del Sistema Electroenergético Nacional.

Los cálculos de la competitividad de esta fuente de energía en relación con otras, permiten pensar en su utilización ventajosa para la cogeneración y generación de electricidad, así como para producir combustibles líquidos etanol destinado al transporte. Esos resultados se refuerzan al incluir los beneficios ambientales obtenidos al combustionar la biomasa, que evita las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con los combustibles fósiles.

Se han realizado varios estudios de oportunidad para generar electricidad en grandes cantidades a partir de la biomasa cañera y uno de ellos, el del Central Héctor Molina en la provincia de La Habana, que propone la construcción de una termoeléctrica *bagacera* con capacidad instalada cercana a 30 MW, avanzó hasta la etapa de estudio de factibilidad y cuenta con un donativo del Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF) por 11-12 millones de USD, pero no se ha iniciado su construcción hasta el momento.

La utilización de la biomasa cañera para generar electricidad y fabricar etanol combustible resulta problematizado en estos momentos por la baja disponibilidad de caña, que es una de las razones esenciales por la que no ha podido mostrar aún en la práctica su potencial como cultivo energético.

Sin embargo, varias investigaciones nacionales y extranjeras avalan la conveniencia y las ventajas de utilizar la caña para ambos objetivos (energía eléctrica y etanol) de forma competitiva, sustituyendo petróleo en cantidades apreciables al utilizarla en complejos agroenergéticos cañeros que funcionen todo el año, a fin de aprovechar las innegables virtudes que posee ese cultivo energético para acumular la energía solar, así como la experiencia cubana en la actividad y los beneficios para otros países subdesarrollados cañeros que traerían esos resultados.

## **Capítulo 3:** Elaboración del plan de oportunidades de diversificación. Análisis de resultados.

### **3.1 Aplicación del procedimiento para la Gestión de Mejora (Oportunidades).**

En el proceso de determinación de los indicadores a medir para esta entidad participaron algunos miembros del Consejo de Dirección Ampliado y especialistas con mayor calificación de las distintas áreas de la entidad (expertos).

Se seleccionó un método que permitiera evaluar las características que partiendo de la experiencia y el conocimiento humano puedan ser medidas, por lo que se hizo necesario el aporte de especialistas con suficientes conocimientos y dominio de los procesos en la empresa.

Los expertos fueron seleccionados en función de la complejidad, características del trabajo que desarrollan y el nivel de confianza que se debe obtener. Los expertos tienen probada experiencia y conocimientos del tema. De tal forma, cada integrante del panel ponderó según el orden de importancia, que cada cual entendió como los indicadores de mayor relevancia.

El conjunto de expertos seleccionados originalmente es como sigue:

10 Profesores Universitarios, de ellos:

- 2 Doctores en Ciencias Técnicas.
- 5 Master en Ciencias.
- 5 Ingenieros industriales
- 8 vinculados a la Agroindustria Azucarera

#### **3.1.1 Calculo de expertos:**

El número de expertos calculado se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.1 Cálculo del número de Expertos.

# Expertos

P	0,01
I	0,1
K	6,656
M	6,59

Aunque se calcula 7, el número de expertos se toman 9 según Pons (2006).

### 3.1.2 Cálculo de la competencia de los expertos.

Tabla 3.2 Cálculo de la competencia de los expertos.

Experto/Valoración	Kc
1	0,8
2	0,7
3	0,9
4	0,6
5	1
6	0,6
7	0,8
8	0,7
9	0,8

Tabla 3.3 Grado de influencia de los expertos

Análisis teóricos			Experiencia obtenida			Conoce trabajos de autores nacionales			Conoce trabajos de autores ext.			Conocimiento del tema			Intuición propia		
A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
0,3	0,2	0,1	0,5	0,4	0,2	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03

Tabla 3.4 Cálculo del coeficiente de competencia K

Experto	AT	EO	TN	TE	CT	IP	K <sub>a</sub>	K <sub>c</sub>	K
1	0,3	0,5	0,04	0,03	0,04	0,03	0,85	0,8	0,825
2	0,2	0,5	0,04	0,02	0,04	0,03	0,75	0,7	0,725
3	0,3	0,5	0,04	0,03	0,05	0,03	0,85	0,9	0,875
4	0,3	0,5	0,04	0,04	0,03	0,03	0,85	0,6	0,725
5	0,2	0,5	0,04	0,03	0,03	0,03	0,75	1	0,875
6	0,2	0,5	0,04	0,05	0,05	0,03	0,75	0,6	0,675
7	0,2	0,5	0,04	0,03	0,04	0,03	0,75	0,8	0,775
8	0,2	0,5	0,04	0,05	0,05	0,03	0,75	0,7	0,725
9	0,2	0,5	0,04	0,03	0,05	0,03	0,75	0,8	0,775

Como se muestra en la tabla anterior, las competencias de los expertos se mueven entre media y alta, por lo que se procede a trabajar en los próximos pasos.

### 3.1.3 Criterio de los Expertos.

La Tabla 3.5 muestra los criterios de los expertos con su orden de importancia. El más negativo es el más importante.

Tabla 3.5 Matriz de criterios de expertos.

Alternativa	Rango de importancia									$\Sigma A_i$	T	$\Sigma A_i / T$	$\Delta$
	Experto												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\Sigma E_n$	$\Sigma \Sigma A_i / k$	$\Sigma A_i - T$	
Bagazo desmedulado.	8	7	6	8	9	7	7	7	9	68	6,8	61,2	18,9
Generar energía con bagazo sobrante.	7	8	7	9	7	8	8	6	8	68	6,8	61,2	18,9
Generación eléctrica	9	9	10	7	8	9	9	9	7	77	7,7	69,3	27,9
Fabricar alcohol con bagazo.	6	6	8	6	6	6	6	5	6	55	5,5	49,5	5,9
Alimento animal con paja.	5	5	4	5	4	4	5	8	5	45	4,5	40,5	-4,1
Toda la paja como combustible.	4	4	5	3	3	5	4	4	4	36	3,6	32,4	-13,1
Rehabilitar fábrica Procuba.	2	1	1	2	2	3	3	3	3	20	2	18	-29,1
Fabricación de blanco directo.	1	2	3	4	5	2	1	1	2	21	2,1	18,9	-28,1
Fabricar biorefinería	3	3	2	1	1	1	2	2	1	16	1,6	14,4	-33,1
Planta de MUB	10	10	9	10	9	10	10	10	10	88	8,8	79,2	38,6

El número de Kendall, es  $w = 0,887368811$ , lo que refleja un alto valor de concordancia de los expertos, por lo tanto se declara válido el proceso.

De la Tabla 3.5 se obtiene que se seleccionaron 5 oportunidades según los expertos, pero se argumenta que la alternativa que soluciona definitivamente los problemas de la entidad es la instalación de una biorefinería integrada al ingenio, y esta será la propuesta que se detallará en lo adelante.

### 3.2 Biorefinería integrada como propuesta para la Fábrica de Azúcar Elpidio Gómez.

Una gran ventaja de la conversión de biomasa a etanol es la compatibilidad con la protección del medio ambiente, así como los beneficios económicos que ofrece al mundo, tanto en el presente y el futuro; en este sentido, esta industria es un gran ejemplo de la filosofía de la tecnología y el cambio que el mundo necesita para ser un lugar mejor para vivir. Una de las características de la utilización de la biomasa es que, al contrario de lo que ocurre con los productos derivados de las materias primas fósiles (no renovables), presenta un balance de CO2 neutro desde el punto de vista medio ambiental; es decir, que la cantidad de CO2 que se libera a la atmósfera al final del ciclo de vida de los productos es idéntica a la cantidad de CO2 previamente captada durante la formación de biomasa.

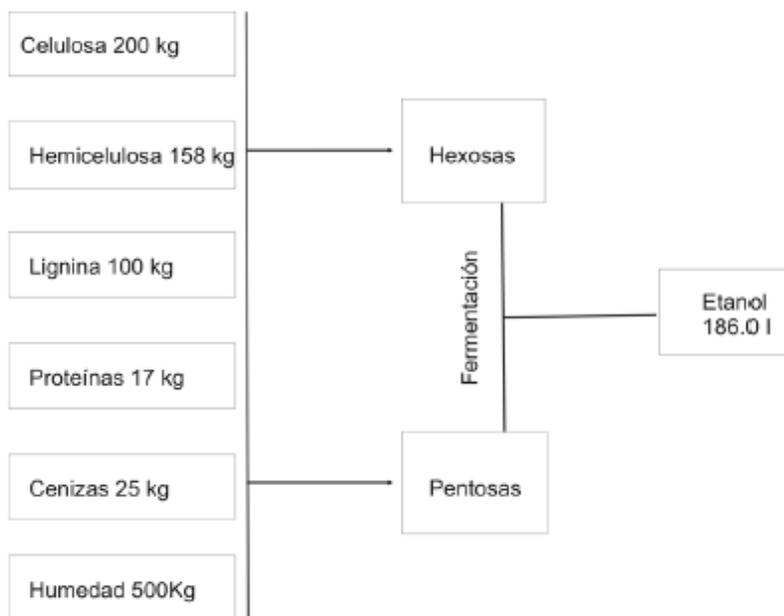
La Fig. 3.1 muestra desde el punto de vista energético, los beneficios que puede traer la propuesta y la Fig. 3.2 el balance de materiales.

Fig. 3.1 Eficiencia energética global



Fuente: Elaboración propia

Fig. 3. 2 Balance de materiales.



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1 El bagazo como materia prima fundamental.

Uno de los materiales más importantes para una biorefinería integrada es el bagazo. Las tablas 3.6 y 3.7 muestran las composiciones químicas y morfológicas de este material.

Tabla 3.6. Composición química del bagazo

<b>LIGNOCELULÓSICOS</b>	<b>45%</b>
<b>SÓLIDOS INSOLUBLES</b>	<b>2-3%</b>
<b>SÓLIDOS SOLUBLES</b>	<b>2-3%</b>
<b>HUMEDAD</b>	<b>50%</b>

Tabla 3.7 Composición estructural del bagazo

	<b>BAGAZO INTEGRAL</b>	<b>FIBRA</b>	<b>MÉDULA</b>
<b>CELULOSA %</b>	<b>46,6</b>	<b>47,7</b>	<b>41,2</b>
<b>HEMICELULOSA %</b>	<b>25,2</b>	<b>25,0</b>	<b>26,0</b>
<b>LIGNINA %</b>	<b>20,7</b>	<b>19,5</b>	<b>21,7</b>

### 3.2.2. Proceso tecnológico.

Aunque existen diferentes tecnologías desarrolladas y por desarrollar en el tema, nos referiremos al proceso para hidrólisis de bagazo que combina **pretratamiento organosolv** e **hidrólisis con ácidos diluidos**.

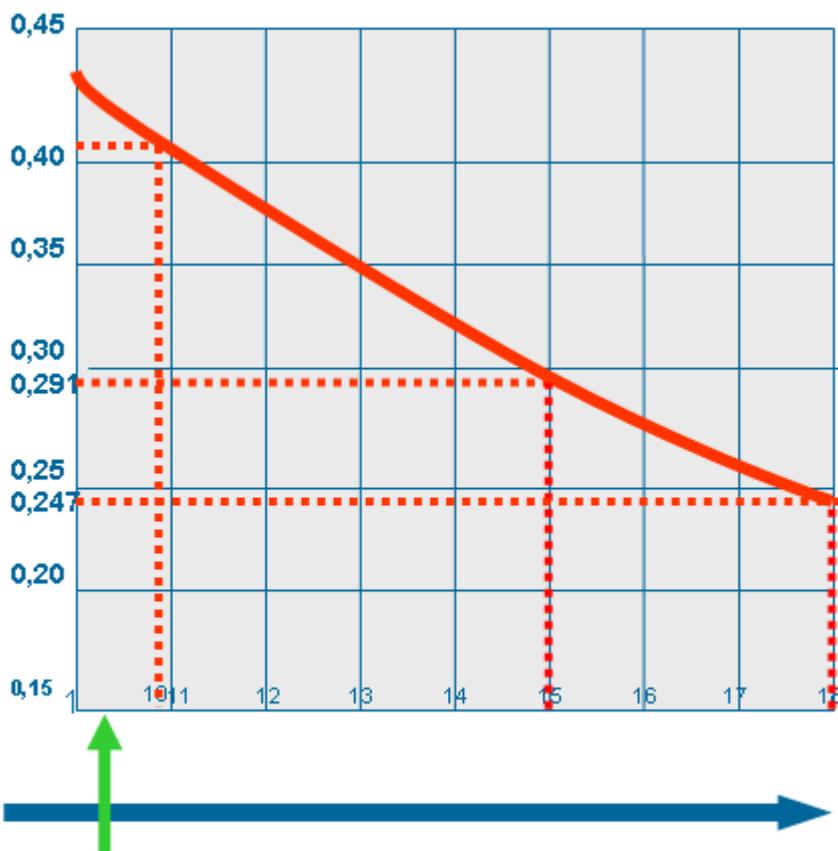
Las características de esta tecnología son:

- Características: disolución total del bagazo, reacción rápida en un único reactor a presión de 20-25 Bar e 180-200 °C.
- Etapa actual prueba en laboratorio y piloto por varios años, actualmente en pruebas en una unidad piloto y de demostración que trata 1 tonelada de biomasa seca por hora para producción de 5000 litros por día de etanol.
- Empleando un solvente fuerte a elevada temperatura para extracción de la lignina del complejo lignocelulósica, se consigue realizar el ataque químico de la celulosa y hemicelulosa.
- Se alcanza una alta tasa de formación de azúcares (tiempo de reacción del orden de minutos), elevando los rendimientos de conversión.
- En un medio de reacción con solvente aquo-orgánico la reacción de hidrólisis progresa con un mínimo de ácido mineral catalizador.
- El licor hidrolítico es retirado inmediatamente del reactor y enfriado para detener las reacciones de degradación de los azúcares.

### 3.2.3 Costo de Producción.

La Fig. 3. 1 muestra los costos de producción del sistema de Hidrólisis DHR en Reales Brasileños (1 \$ = 2,5 R, cambio 2002) de acuerdo al perfeccionamiento de la tecnología.

Fig. 3.1 Costos de Producción (Reales brasileños / Lt alcohol)



Avance de la tecnología (L / T caña) x 10

### 3.2.4 Costos de Inversión.

Según [González \(2006\)](#), una planta de las características de la propuesta en este trabajo tendrá los siguientes indicadores.

	Planta de etanol
Inversión Fija	3992184
Costo de producción anual	8285016
VAN, \$ (2006)	20581583
TIR	45 %

### 3.2.5 Prospección.

En la Tabla 3.8 se muestra el estado en que se encontraba la producción de etanol en el 2005, y su proyección al 2010 con la introducción de la hidrólisis.

Tabla 3.8 Presente y futuro del etanol

2010-2015. Se emplea el bagazo excedente (15%) y se inicia la recuperación de los residuos de la cosecha(10%).	<b>91,1</b>	<b>7290</b>
2015-2020. Se emplea el bagazo excedente (30%) y residuos de la cosecha (20%).	<b>97,3</b>	<b>7780</b>
2020. Se emplea el bagazo excedente (50%) y residuos de la cosecha (50%).	<b>104,1</b>	<b>8330</b>

Tabla 3.8.b

	litros de etanol por TC	litros de etanol/ha
2005- Situación actual. Producción de etanol solamente de azúcares extraídos de la caña.	<b>85</b>	<b>6800</b>
2006-2010- Introducción de la hidrólisis.	<b>88,1</b>	<b>7050</b>

### 3.2.6 Plantas de referencia en el mundo.

De la búsqueda bibliográfica internacional se obtuvo por lo menos 20 plantas comerciales en el mundo, algunas en Latinoamérica como Brasil y Argentina, y algunas en España y China, por lo que pueden ser factibles en la transferencia tecnológica cooperada con las entidades cubanas que trabajan el tema (UC de las Villas, el CITMA, y la Red CYTED).

En los Anexos 4 y 5 se muestran diferentes plantas construidas en Estados Unidos, China y Canadá.

## **MATRIZ DAFO. SECTOR AZUCARERO**

Muchas, han sido las propuestas en la matriz DAFO para el sector azucarero, pero se seleccionó la elaborada por Vázquez (2004) y que se muestra a continuación:

### **FORTALEZAS.**

- Conocimientos y habilidades en la explotación de la tecnología.
- Disponibilidad de equipos e implementos agrícolas.
- Disponibilidad de área agrícola con potencial agro productivo.
- Industria con un proceso compactado y remodelada tecnológicamente.
- Capacidad industrial instalada con potencialidad para cogenerar energía eléctrica con el SEN.
- Nivel aceptable de automatización industrial.
- Alto potencial técnico y profesional.
- Fuerza trabajo con tradición azucarera.

### **DEBILIDADES.**

- Bajo nivel motivacional de los trabajadores y cuadros de dirección.
- Obsolescencia tecnológica de algunos equipos de generación de vapor.
- Altos costos de producción.
- Deficiente política interna de abastecimiento.
- Insuficientes medios de comunicación y automatización de la información.
- Irrentabilidad económica y financiera.
- Insuficiente transporte automotor.
- Autoconsumo que no satisface las necesidades alimentarias de los trabajadores.
- Bajos rendimientos agrícolas.
- Pobre funcionamiento de la ATAC y ANEC.
- Resistencia al cambio de algunos cuadros de dirección para adaptarse a la nueva estructura organizacional.

## **OPORTUNIDADES**

- Tendencia del Sector a la descentralización con estructuras más horizontales y flexibles.
- Decreto Ley 187/98 del Consejo de Estado sobre el Perfeccionamiento Empresarial.
- Política del país de Revolucionar la Industria Azucarera.
- Mercado en frontera seguro para nuestras producciones.
- Tradición azucarera de la zona.
- Política de diversificación de la producción del MINAZ y alta demanda de los derivados de la caña de azúcar.
- Potencialidades en el Sistema Informático del Sector.

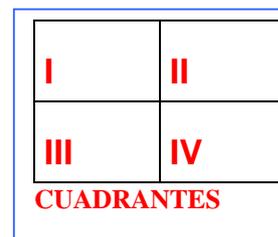
## **AMENAZAS**

- Escasos financiamientos externos.
- Existencia de otros sectores más atractivos.
- Pérdida de la imagen del sector.
- Cambios climáticos a los cuales están sujetos la producción.
- Sistema de estimulación vigente en el MINAZ poco motivante.
- Política salarial inadecuada.
- Deficiente sistema de precios.
- Precios del azúcar en el Mercado Internacional con tendencia a mantenerse bajos.
- Doble circulación de moneda en el país.
- Zona geográfica de gran competencia de otras entidades azucareras
- Estrategia del MINAZ para la producción de solo las entidades más eficientes.

Se lleva esta DAFO a una matriz, pero trabajando solamente con 5 - 7 DAFO no con todas, para lo cual se hizo una ponderación con los expertos, donde cada miembro le dio valor a cada una, se sumaron los totales de cada una y se seleccionaron las que mayor valor obtuvieron. Las demás no se desecharon, sino que quedaron para trabajar en otra matriz. De esta manera quedó conformada la siguiente matriz:

## MATRIZ DAFO.

		OPORTUNIDADES							AMENAZAS						
		I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII
<b>FORTALEZAS</b>	I	2	2	4	1	1	5	5	4	1	1	1	2	1	4
	II	2	2	3	1	1	4	1	4	2	2	1	3	3	4
	III	1	1	3	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	5
	IV	4	4	4	4	5	4	3	2	1	1	2	1	2	5
	V	1	1	2	3	1	4	1	1	1	1	1	1	2	3
	VI	1	3	3	4	1	5	1	1	1	1	1	1	3	3
	VII	2	2	3	3	3	3	1	2	4	4	4	1	4	3
<b>DEBILIDADES</b>	I	3	5	5	2	2	3	1	5	3	5	5	4	1	4
	II	4	4	5	2	4	4	4	3	1	4	4	2	1	1
	III	1	4	4	1	1	1	5	4	1	1	1	3	1	3
	IV	5	5	5	4	3	4	4	3	1	3	3	2	1	3
	V	1	2	2	1	1	1	1	4	1	1	1	2	1	3
	VI	1	2	2	1	1	1	1	4	1	1	1	2	1	3
	VII	1	3	4	5	2	5	4	4	1	3	3	2	3	1



### Escala de puntuación para el análisis de la matriz DAFO.

- |          |                     |
|----------|---------------------|
| 5 Puntos | Vital.              |
| 4 Puntos | Muy Importante.     |
| 3 Puntos | Importante.         |
| 2 Puntos | Significativo.      |
| 1 Punto  | Poco Significativo. |

### Fortalezas analizadas en la Matriz DAFO.

- I. Conocimientos y habilidades en la explotación de la tecnología.
- II. Disponibilidad de área agrícola con potencial agro productivo.
- III. Industria con un proceso compactado y remodelada tecnológicamente.
- IV. Capacidad industrial instalada con potencialidad para cogenerar energía eléctrica con el SEN.
- V. Nivel aceptable de automatización industrial.
- VI. Alto potencial técnico y profesional.
- VII. Fuerza trabajo con tradición azucarera.

### **Debilidades analizadas en la Matriz DAFO.**

- I. Bajo nivel motivacional de los trabajadores y cuadros de dirección.
- II. Altos costos de producción.
- III. Insuficientes medios de comunicación y automatización de la información.
- IV. Irrentabilidad económica y financiera.
- V. Autoconsumo que no satisface las necesidades alimentarias de los trabajadores.
- VI. Bajos rendimientos agrícolas.
- VII. Resistencia al cambio de algunos cuadros de dirección para adaptarse a la nueva estructura organizacional.

### **Oportunidades analizadas en la Matriz DAFO.**

- I. Tendencia del Sector a la descentralización con estructuras más horizontales y flexibles.
- II. Decreto Ley 187/98 del Consejo de Estado sobre el Perfeccionamiento Empresarial.
- III. Política del país de Revolucionar la Industria Azucarera.
- IV. Mercado en frontera seguro para nuestras producciones.
- V. Tradición azucarera de la zona.
- VI. Política de diversificación de la producción del MINAZ y alta demanda de los derivados de la caña de azúcar.
- VII. Potencialidades en el Sistema Informático del Sector.

### **Amenazas analizadas en la Matriz DAFO.**

- I. Escasos financiamientos externos.
- II. Existencia de otros sectores más atractivos.
- III. Sistema de estimulación vigente en el MINAZ poco motivante.
- IV. Precios del azúcar en el Mercado Internacional con tendencia a mantenerse bajos.
- V. Doble circulación de moneda en el país.
- VI. Zona geográfica de gran competencia de otros C.A.I.
- VII. Estrategia del MINAZ de limitar los CAI que se dediquen a la producción de azúcar.

### **¿Cómo analizar la Matriz DAFO por cuadrantes?**

**I Cuadrante:** ¿Con mis fortalezas puedo **aprovechar** las oportunidades que me ofrece el entorno?

**II Cuadrante:** ¿Con las oportunidades que me ofrece el entorno puedo **minimizar** mis debilidades?

**III Cuadrante:** ¿Con mis fortalezas puedo **atenuar** las amenazas del entorno?

**IV Cuadrante:** ¿Cuán **vulnerables** son mis debilidades a las amenazas del entorno?

**Del análisis realizado por el autor, se concluye que:**

1. Se dispone de una industria con capacidad de molienda de 400 mil @ de caña, que produce azúcar crudo y blanco directo a costos disminuidos y con la calidad exigida por el mercado, con un recurso humano capacitado y adecuado a los cambios que impone el entorno.
2. Se dispone de una entidad que explota todas sus alternativas de diversificación de las producciones, como única vía de supervivencia en el mercado de hoy: una industria cogeneradora con el SEN., y una fuente proveedora de bagazo a granel o empacado y desmedulado a cualquier comprador y también como materia prima de alimento animal.
3. Se ha logrado el liderazgo tecnológico de la zona con un proceso totalmente compactado, un bloque energético repotenciado y una maquinaria con capacidad de molienda de 400 mil @ / día.
4. Se ha iniciado un proyecto de automatización de I nivel a la.
5. Se posee un grupo de profesionales preparados y con experiencia, dedicados a la I + D y a Programas de Gestión Tecnológica, brindando incluso servicios técnicos a otras empresas contribuyendo de esta manera a incrementar los ingresos netos de la entidad.
6. Se han producido las transformaciones organizativas previstas en el Sistema MINAZ y se ha adecuado a este entorno.
7. Los trabajadores mejor estimulados y capacitados, se caracterizan por un sentimiento de orgullo por trabajar en una actividad que trata de recuperar el prestigio y reconocimiento social.
8. Se ha logrado un Sistema de Ciencia y Técnica aceptable que ha disminuido sus gastos con un aporte más dinámico y directo a los problemas urgentes de la producción, apoyándose en el Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).
9. Se consolida el proceso de Perfeccionamiento Empresarial con la necesaria autonomía en la gestión de la producción y la participación de los trabajadores en el resultado final.
10. Existe un Consejo de Dirección que aplica técnicas modernas de Dirección y tiene visión positiva del futuro.

## CONCLUSIONES:

---

1. Los objetivos de esta investigación fueron cumplidos lográndose una propuesta a largo plazo.
2. La industria azucarera cubana puede y debe diversificarse. Para su análisis y Proyección son necesarios las herramientas y métodos de Ingeniería Industrial.
3. El criterio más importante para la reestructuración de Elpidio Gómez es la instalación de una biorefinería integrada al ingenio, aprovechando las instalaciones, y las capacidades disponibles de vapor (10 t / t caña), electricidad (0,7 MW), agua, etc.
4. La Diversificación agro industrial azucarera es beneficiosa para el medio ambiente. Su característica tropical y planta anual hace que sea idónea para la fijación de emisiones de CO<sub>2</sub>.
5. La principal premisa para la propuesta es la recuperación cañera y la eficiencia energética.

## RECOMENDACIONES:

---

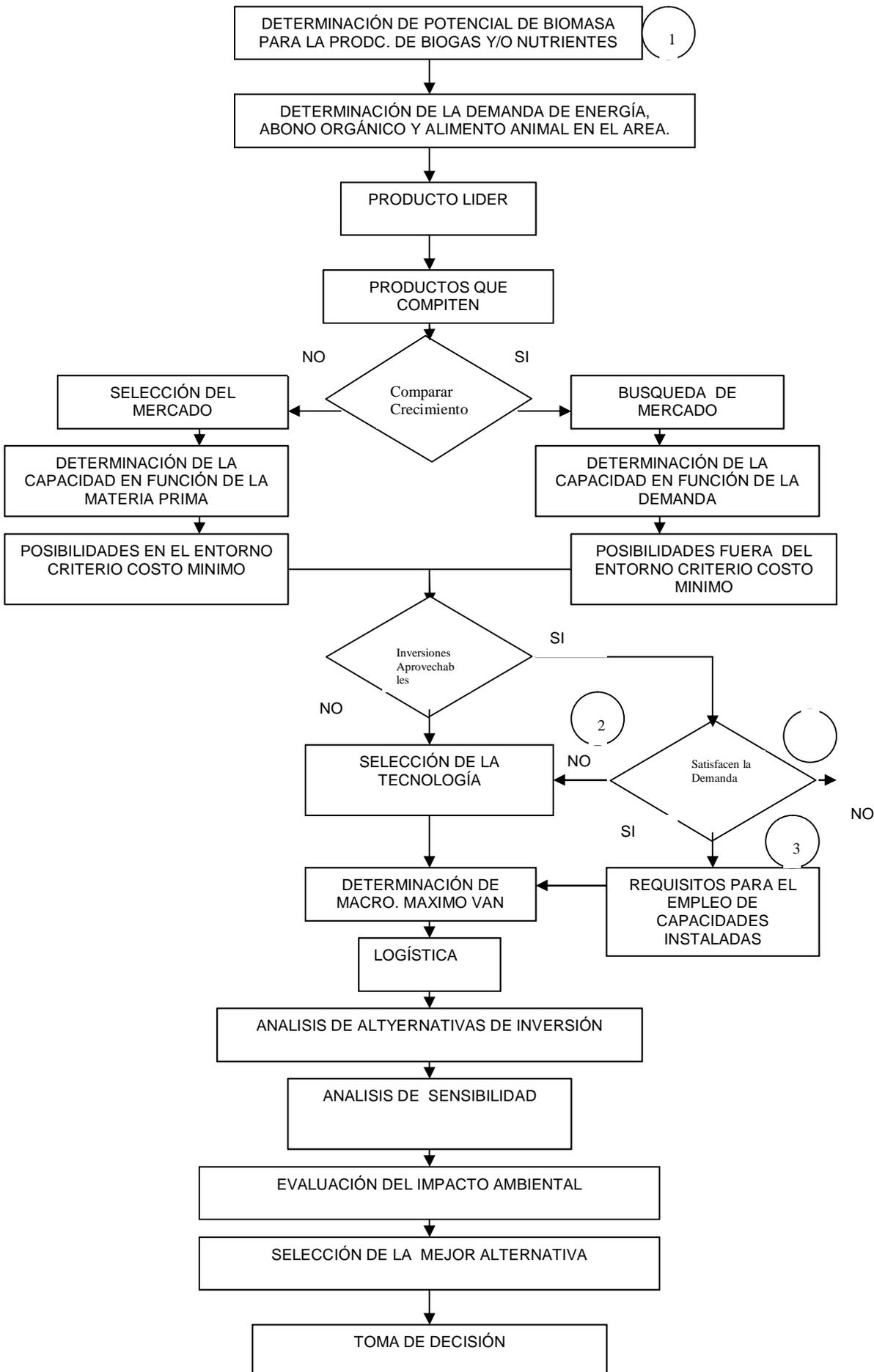
1. Las CUM municipales pueden y deben tomar como temas de investigación la Prospección Tecnológica y el Análisis Integrado de Procesos en la Diversificación Azucarera en cooperación con el GEA de Cienfuegos.
2. La E. A. Elpidio Gómez y el GEA Cienfuegos, deben utilizar la propuesta de esta investigación para realizar una etapa de cooperación con la red CYTED, la UC de las Villas y el CITMA de Cienfuegos.
3. La Fábrica de Azúcar de la E. A. Elpidio Gómez debe prepararse tecnológicamente en las áreas energéticas para lograr un aumento en el bagazo disponible y la generación eléctrica.
4. La Dirección de Capital Humano y el Director de Fábrica deben implementar una amplia capacitación de los dirigentes y trabajadores acerca de los beneficios de la Diversificación agro industrial azucarera..

## ANEXOS:

### Técnicas utilizadas en la identificación y diagramas de procesos

Técnicas para la identificación	Descripción
IDEFO	El estándar de mapeo IDEFO se utiliza frecuentemente para iniciativas de reingeniería de procesos. Aunque su inicio fue como herramienta de software, se le han encontrado aplicaciones en una diversidad de organizaciones de fabricación y de servicio, como herramienta general de mapeo de procesos. Se puede utilizar para elaborar un diagrama de relaciones, si se desea, así como algunos de los paquetes de computo que lo
Diagrama SIPOC.	Técnica que permite identificar cuales son los suministradores del proceso en cuestión, las entradas de cada suministrador al proceso, el proceso propiamente dicho o sea las etapas o fases del proceso, las salidas que emite el mismo y los clientes externos e internos que reciben estas salidas. En muchos estudios se identifican los requerimientos de calidad que desea el cliente para cada una de las salidas, se utiliza fundamentalmente para identificar las variables de entradas y de salidas para un
e Flujo de Datos ( AFD) o Diagrama de Flujos de Datos ( DFD)	El AFD estudia el empleo de los datos en cuatro actividades. Documenta los hallazgos con Diagrama de Flujos de Datos ( DFD) que muestra en forma grafica la relación entre procesos y datos, y en los diccionarios de datos que describe de manera formal los datos del sistema y los sitios donde son utilizados. El análisis de los flujos de datos examina el

# Diagrama Heurístico



## BIBLIOGRAFÍA:

---

2005. *Chemical Engeneryn Handbook*. Editor.,
2007. *Manual del Inversionista MINAZ*.,  
*PRECONS*,  
Avila, 2004.  
Avila, 2006.
- Castillo, Ana L, 2003. *Introducción a la Gestión de Procesos Productivos y de Servicios en CD Maestría de Calidad* , Universidad de Cienfuegos, FCEE.
- Colectivo de Autores , 2007a. *An introduction to 6 sigma en CD Maestría de Calidad*, Universidad de Cienfuegos, FCEE.
- Colectivo de Autores , 2007b. *Causa y efecto, en CD Maestría de Calidad* , Universidad de Cienfuegos, FCEE.
- Colectivo de Autores , 2007c. *Cómo implementar mejoras en CD Maestría de Calidad* , Universidad de Cienfuegos, FCEE.
- Correa, L., *Programa Brasileño de Alchol. Problemas y Consecuencias Tecnico - Económicas.*, En Mexico.
- Fabelo, J., 1999. *Estudio de la etapa de fermentación alcohólica utilizando mezclas de diferentes sustratos.*,
- Galves Taupier, L, 1998. *Manual de los Derivados de la caña de Azúcar.*, Mexico.
- Galves Taupier, L., *Esquema flexible para la producción de azúcar, derivados y energía.*,
- Gómez, Bismayda y Ramón Pons , 2002. *Mejoramiento de procesos en la industria azucarera*, en 48 Congreso de la ATAC, La Habana.
- Gonzales Suarez, E., *La incertidumbre en el desarrollo diversificado en la industria de la caña de azúcar, Centro Azúcar.* , Santa Clara.
- Gonzalez, E., 2009.
- Gonzalez, E., 1995. *Alternativas de desarrollo y perfeccionamiento de la industria azucarera mediante el incremento de la producción de Alcohol.*, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Gonzalez, E., 2006. *Análisis de la variante de integración material y energética de un combinado para la producción de aditivos oxigenados anexo a una fábrica Azúcar.*, Universidad EAFIT.
- Gonzalez, E., 1997. *Contribución de la Prospectiva tecnológica de la industria química y azucarera a la política científica y tecnológica de la Universidad de Las Villas.*, La Habana.

- Gonzalez, E., *El pulpeo con etanol como alternativa para incrementar la competitividad de fábricas de papel mediante su desarrollo prospectivo integrado a industrias de la caña de azúcar.*,
- Gonzalez, E., 1996. *Prospectiva Tecnológica de la Industria Química y Azucarera de Cuba.*, UCLV Santa Clara, Cuba.
- ISO, 2007. *International Sugar Organization. Statistical Bulletin*,
- Laborde, M., 1996. *Producción de aditivos oxigenados para Gas Oil y otros combustibles a partir de Bioetanol.*,
- Labrada, 2006.
- Labrada, 2009.
- Labrada, Nelson , 2007. *Sobre las tendencias del mercado azucarero mundial y las perspectivas de la Agroindustria Azucarera cubana*, Curso para Directores. CNCA. La Habana.
- Leal, Eusebio, 2002. Conferencia magistral sobre la agroindustria azucarera.
- López, J. A & F. Ramos , 2002. *Proyección estratégica a mediano plazo del C.A.I. Ciudad Caracas.*,
- Machado Benavides, S., *Alternativas para la producción de alcohol y levadura torula en las condiciones del CAI Q. Banderas.*,
- Pajon Poblet, M., *Impacto prospectivo del pulpeo con etanol en el desarrollo integrado de la industria de la caña de azúcar.*,
- Peréz de Alejo, 2006.
- Ponce de León, Zedillo., 1944. Mensaje del Secretario Ejecutivo de GEPLACEA al Seminario Internacional.
- Pons, 2006.
- Ramírez, Tulio A. , *Cómo hacer un proyecto de Investigación, en CD Maestría de Calidad* , Universidad de Cienfuegos, FCEE.
- Reyes Estrada, R., *Posible impacto económico de la extracción de jugos de los filtros del CAI Heriberto Duqueznés.*,
- Stoner, James. , *Administración* 5° ed.,
- Vaz, Carlos., 2009. *Etanol como Combustible.*,
- Vilbrandt, 2000. *Chemical Engineering Plant Design.*, Mexico: Grigalbo.