



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

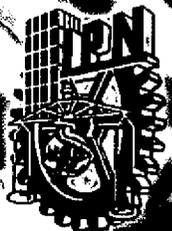
GUÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

6. INGENIOS AZUCAREROS

23353



Producción  
más limpia  
en ingenios  
azucareros



Instituto Politécnico Nacional



Centro Mexicano Para la Producción Más Limpia

# **GUÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

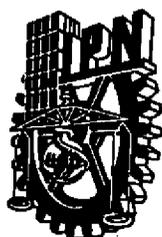
## **6. INGENIOS AZUCAREROS**

### **Producción más limpia en Ingenios Azucareros**

# GUÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

## 6. INGENIOS AZUCAREROS

# Producción más limpia en Ingenios Azucareros



© Centro Mexicano para la Producción Más Limpia  
© Instituto Politécnico Nacional, 2005  
Dirección de Publicaciones  
Tresguerras 27, 06040, México, DF

*Producción más Limpia en Ingenios Azucareros*

*Coordinadores del proyecto:* Ing. Rigoberto Roa González

*Coordinadora editorial:* Ing. Patricia Cruz Ortega

ISBN: 970-18-0848-7 (obra general)

ISBN: 970-36-0151-0

Impreso y hecho en México / Printed and made in Mexico

# ÍNDICE

Agradecimientos .....	9
Presentación .....	11
<b>Capítulo 1 Producción Más Limpia y Administración Ambiental</b>	
<b>en Ingenios Azucareros .....</b>	<b>13</b>
Producción Más Limpia .....	13
Proyecto de producción más limpia, eficiencia energética y administración ambiental en ingenios azucareros .....	14
<b>Capítulo 2 Medidas de Producción más Limpia, Eficiencia Energética y Administración Ambiental .....</b>	<b>23</b>
<b>Medidas Enfocadas a la Reducción del Consumo de Agua .....</b>	<b>26</b>
Medida No. 1: Reducir el consumo de agua en proceso .....	26
Medida No. 2: Reparar Fugas de Agua .....	28
<b>Medidas Enfocadas a la Reducción de las Pérdidas de Azúcar .....</b>	<b>29</b>
Medida No. 3: Instalar un sistema de control de nivel y flujo en los tanques de licor y espumas .....	29
Medida No. 4: Evitar arrastres de azúcar .....	30
Ejemplo 4: Estimación del ahorro logrado al evitar el arrastre de azúcar .....	30
Medida No. 5: Implantar un sistema de control de dextranas .....	31
<b>Medidas Enfocadas a la Reducción del Consumo de Energía Térmica .....</b>	<b>33</b>
Medida No. 6: Eliminar fugas de vapor .....	33
Medida No. 7: Cambiar trampas de vapor .....	34
Medida No. 8: Colocar aislamiento térmico en tuberías desnudas .....	34
Medida No. 9: Colocar aislamiento térmico en las turbinas de la planta eléctrica ..	36
Medida No. 10: Colocar aislamiento térmico en tanques .....	38
Medida No. 11: Reducir las pérdidas de energía por el vapor de desfogue en el área de fábrica .....	39
Medida No. 12: Reducir la temperatura del aire de admisión del compresor .....	40
Medida No. 13: Optimizar el uso de aire comprimido .....	41
Medida No. 14: Aprovechar el vapor de venteo del tanque de condensados puros .....	42
Medida No. 15: Instalar un tanque Flash para recuperar el calor de la purga continua de calderas .....	43
Medida No. 16: Modernizar el equipo de centrifugado .....	44

Medida No. 17: Instalar un variador de frecuencia en la bomba de jugo pesado ...	45
Medida No. 18: Reemplazar motores reembobinados por motores de alta eficiencia .....	46
Medida No. 19: Reemplazar la iluminación .....	47
<b>Medidas Enfocadas a la Implementación de un Sistema de Administración Ambiental en Ingenios Azucareros .....</b>	
Ambiental en Ingenios Azucareros .....	50
Referente a la metodología empleada para realizar el diagnóstico .....	50
Referente a los aspectos ambientales identificados .....	50
Referente a la política ambiental .....	52
Referente a la Planeación del SAA .....	52
Referente a la Implantación y Operación .....	54
Referente a la verificación y las acciones correctivas .....	57
<b>Medidas enfocadas a la Implantación de un Sistema de Eficiencia Energética ..</b>	
Recomendaciones de administración ambiental para la eficiencia energética .....	60
<b>Capítulo III Metodología de Producción Más Limpia en Ingenios Azucareros .</b>	
Fase 1. Planeación y organización del programa de producción más limpia .....	63
Fase 2. Evaluación previa del diagnóstico de producción más limpia .....	65
Etapas 3. Evaluación de los procedimientos prioritarios del ingenio .....	68
Fase 4. Estudio de factibilidad .....	71
Fase 5. Implantación y seguimiento de las opciones de P+L .....	73
<b>Capítulo IV Lecciones Aprendidas .....</b>	
<b>Anexos .....</b>	
Anexo 1 Formulario de Pre-evaluación de Producción Más Limpia .....	77
Anexo 2 Cuestionario: Sistema de Administración Ambiental .....	84
Glosario de Términos .....	91
Directorio de Organizaciones e Instituciones .....	97
Referencias bibliográficas .....	101

## AGRADECIMIENTOS

**E**l Centro Mexicano para la Producción Más Limpia (CMP+L) agradece al Instituto Politécnico Nacional por acoger dentro de sus instalaciones al CMP+L y por todo el apoyo otorgado para la realización y publicación de la presente guía, la cual coadyuvará en la realización de proyectos futuros de Producción Más Limpia (P+L), dentro del sector *agroindustrial* del azúcar de caña en México y Centroamérica.

De igual manera, agradece a la Promotora Industrial Azucarera, S.A. de C.V. (PIASA) y a sus Ingenios "Tres Valles" y "Adolfo López Mateos", a la Compañía Salvadoreña S.A. (CASSA) Ingenio "Central Izalco", y a la Central Azucarera Turrialba Ingenio "Atirro", por su participación en el proyecto denominado "*Producción Más Limpia, Eficiencia Energética y Administración Ambiental en la Industria del Azúcar de Caña en México y Centroamérica*" y por el gran interés demostrado durante la realización de cada una de las etapas que componen la metodología de P+L y la implantación de las medidas de ahorro recomendadas por el CMP+L y los CNP+L participantes.

Al Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar (Geplacea), por su apoyo técnico en el desarrollo de este proyecto.

A la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), por su contribución en el auspicio de este proyecto.

Y, en general, a todas las instituciones y personas que de una u otra forma contribuyeron al buen desarrollo del proyecto y a la realización de la presente guía.

## PRESENTACIÓN

**L**a *Guía de Producción Más Limpia en Ingenios Azucareros* incrementa y enriquece la serie de documentos denominados *Guías de Producción Más Limpia*, en este caso, enfocados al sector Azucarero. Forma parte de la segunda etapa de los proyectos demostrativos que el CMP+L desarrolla en diferentes sectores productivos y de servicio. Esta guía pretende demostrar que la incorporación de las prácticas de P+L resultan en beneficios ambientales y económicos para este sector, al hacer un mejor uso de sus recursos y servicios, y al lograr la optimización de sus procesos productivos.

El objetivo de la presente guía es constituirse como un documento de trabajo práctico, para ser empleado por el personal de la industria azucarera de México y América Central, por consultores y asesores, personal gubernamental, académico y docente y, en general, por todas aquellas personas interesadas en la Metodología de Producción Más Limpia.

En esta guía se presenta, en forma general, el origen y significado del concepto de Producción Más Limpia y se aborda la creación de los Centros Nacionales de Producción Más Limpia en el mundo. Así mismo, se presentan las etapas a seguir en la aplicación de la metodología de P+L y el desarrollo de cada una de ellas en este sector. También se describen todas las medidas de P+L encontradas e implementadas en los ingenios participantes, así como los ahorros económicos y mejoras ambientales en cada uno de ellos. Todo esto con el fin de que las instituciones, organizaciones e industrias del sector encuentren en este documento los elementos necesarios para continuar con el desarrollo de los programas de P+L en sus instituciones.

Dentro de los aspectos normativos o legales que se mencionan en el presente documento, se han considerado los que tienen vigencia en el momento de la realización de la guía. Dichas regulaciones pueden cambiar o no, dependiendo de la localidad; por lo que se recomienda evaluar la validez de las medidas de P+L en relación con la reglamentación ambiental correspondiente en cada caso.

# CAPÍTULO 1

## PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL EN INGENIOS AZUCAREROS

### PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

**P**roducción Más Limpia (P+L) se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva aplicada a procesos, productos y servicios con el propósito de incrementar la *ecoeficiencia* y reducir riesgos a los seres vivos y al medio ambiente.

- Procesos, P+L incluye el uso eficiente de materias primas y energía, además de la eliminación o reducción al mínimo de las fuentes contaminantes, antes de que generen residuos y/o emisiones, y la disminución de los riesgos que corren los seres humanos y el medio ambiente.
- Productos y servicios, los puntos estratégicos se encuentran en la reducción de los efectos negativos sobre el ambiente, a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de los materiales y servicios hasta su disposición final después de usado.

La experiencia con P+L muestra que se pueden implantar mejoras en el proceso industrial o de servicio, con costos relativamente bajos y, en algunos casos, sin costos adicionales. El programa de P+L se enfoca sobre el potencial de ahorros directos en el proceso mismo de producción y sobre los ahorros indirectos por eliminación de costos gracias al uso eficiente de materias primas y energía, reducción de contaminantes desde la fuente y con períodos relativamente cortos de amortización de la inversión. No obstante, la adopción del concepto de P+L involucra un cambio de paradigma, para lo cual se requiere de tiempo, entrenamiento y, sobre todo, apertura al cambio, así como de un compromiso verdadero con el medio ambiente.

### ORIGEN DEL CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (CMP+L)

En septiembre de 1990, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), a través de su

oficina de Industria y Medio Ambiente de París (IE/PAC), organizó en Canterbury, Inglaterra, el primer Seminario para la Producción Más Limpia. A partir de entonces, los esfuerzos por difundir este concepto se han incrementado.

Posteriormente, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) organizó la conferencia sobre Desarrollo Industrial Ecológicamente Sustentable celebrada en junio de 1992, en Río de Janeiro, Brasil, también conocida como la *Cumbre de la Tierra*, cuyo principal objetivo fue plantear los problemas más graves de deterioro ambiental en el mundo y tratar de encontrar las soluciones a este problema, una de las alternativas ahí propuestas fue la creación de los Centros Nacionales de Producción Más Limpia.

En nuestro país, el Centro Mexicano para la Producción Más Limpia CMP+L fue inaugurado formalmente en diciembre de 1995 mediante un convenio suscrito entre el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la ONUDI y la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (Canacintra), con el apoyo del PNUMA. Actualmente, el CMP+L es cofinanciado principalmente por el IPN (actual casa-sede), así como por la USAID.

El CMP+L tiene como misión establecer y mantener el concepto de P+L en la industria (así como otros conceptos afines) en organizaciones de los sectores privado, público y social y luchar por reflejarlo en la legislación y políticas mexicanas para mejorar el medio ambiente y el ahorro de recursos, actuando como promotor de la idea, facilitador, consultor y supervisor. Esto se ha de lograr con el soporte financiero inicial de instituciones nacionales e internacionales hasta convertirse en una organización permanente y parcialmente sustentable.

Entre las funciones específicas que realiza el CMP+L, destacan las siguientes:

Promover el concepto de P+L mediante la difusión de información a través de publicaciones técnicas, como la presente *Guía de Producción Más Limpia y Administración Ambiental en la Industria del Azúcar de Caña en México y Centroamérica*.

Organizar y desarrollar proyectos de demostración dentro de las diferentes organizaciones industriales del país.

Desarrollar programas de entrenamiento y capacitación para personal industrial, académico y de gobierno.

Promover la investigación y el desarrollo de P+L.

Ofrecer asistencia técnica de expertos nacionales e internacionales, para la identificación de las necesidades de los servicios de asesoría a las empresas interesadas en aplicar el concepto de P+L.

Aun cuando se ha demostrado que la realización de diagnósticos de P+L generan beneficios económicos, éstos no pueden ser significativos sin el respaldo de un Sistema de Administración Ambiental (SAA), el cual implica compromiso y organización permanente dentro de la institución.

Un SAA es un conjunto de principios, herramientas y procedimientos de administración que provee una metodología de operación para incrementar la eficiencia y reducir los "aspectos" ambientales asociados a las actividades de una empresa industrial o de servicio. Por aspectos ambientales se entiende: consumo de agua, materiales y energía; generación de agua residual, emisiones a la atmósfera, ruido y olores; y manejo de materiales y residuos peligrosos.

Los SAA basan su desempeño en la aplicación de herramientas a través de las cuales se obtiene una reducción y/o eliminación de los impactos negativos sobre el medio ambiente. Una de estas herramientas es la P+L, la cual integra los conceptos de prevención de la contaminación y eficiencia energética dentro de un sólo programa.

#### PROYECTO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL EN INGENIOS AZUCAREROS

El proyecto piloto de Producción Más Limpia, Eficiencia Energética y Administración Ambiental en Ingenios Azucareros, es un programa multinacional enfocado a mejorar el desempeño ambiental, energético y de producción en la industria azucarera de México y Centroamérica.

Es sabido que durante el proceso de elaboración del azúcar se producen subproductos y efluentes que, de no tomarse las medidas adecuadas para su reutilización, disposición y/o tratamiento, pueden generar serios problemas de contaminación ambiental, principalmente en agua, aire, suelo, ruido y ambiente laboral. La metodología de P+L puede resolver algunas desviaciones en el proceso y, como consecuencia, solventar algunos problemas ambientales.

El objetivo principal del proyecto fue demostrar que la incorporación de prácticas de Producción Más Limpia, Eficiencia Energética y Sistemas de Administración Ambiental redundan en beneficios ambientales y económicos para la industria del azúcar de caña. Al mismo tiempo, el programa reforzó los vínculos de cooperación entre las instituciones relacionadas con este sector y los ingenios participantes.

Dentro de las actividades específicas del proyecto están las siguientes:

Desarrollo de diagnósticos de SAA como un componente de P+L para este proyecto en particular.

Realización del diagnóstico de administración ambiental dentro de los ingenios.

Para la implantación de un SAA es necesario conocer la situación imperante en cada una de las actividades desarrolladas en el ingenio, que impacte tanto económica como ambientalmente, y además considerar la legislación ambiental relacionada con éstos.

Mediante la aplicación de prácticas de P+L se obtuvo un análisis detallado de cada una de las actividades realizadas dentro del ingenio; la cuantificación y caracterización de las entradas y salidas de cada procedimiento, la evaluación de las causas de los flujos de desechos, la generación y evaluación de opciones de prevención, así como la implantación y monitoreo de las opciones factibles sin afectar la calidad y el proceso productivo del ingenio.

#### ANTECEDENTES DEL SECTOR AZUCARERO EN MÉXICO

La producción de azúcar y alcohol es una de las actividades más antiguas dentro del desarrollo agroindustrial de Latinoamérica desde la llegada y conquista de los españoles. De hecho, a escala mundial, se tienen registros de que la caña de azúcar se masticaba hace 8,000 años. Ya hace 3,000 años la caña se había dispersado por toda Asia.

Fue Cristóbal Colón quien, en su segundo viaje a América, sembró en la Isla de Santo Domingo las primeras plantas de caña de azúcar.

Desde los primeros años de este siglo, la caña de azúcar fue uno de los cultivos más constantes en nuestro país, y su importancia se refleja en el aumento de la superficie cosechada de este producto y, por lo tanto, en el progresivo aumento de la producción de azúcar y algunos de sus derivados, como las mieles y el alcohol.

Otro criterio que sirve para conocer la importancia del sector en México es el número de personas que dependen directamente de la caña de azúcar para vivir, como son: sembradores, cortadores, obreros no calificados y calificados que trabajan en los ingenios azucareros. Además de toda la gente mencionada, hay que agregar un número importante de transportistas, proveedores, contratistas, consultores y asesores que directa o indirectamente dependen de los ingenios para su sustento.

En general, se estima que actualmente alrededor de 20 millones de personas en México (considerando familias de todos los empleos directos o indirectos), dependen de la caña y el azúcar para su sustento y sobrevivencia<sup>1</sup>.

La distribución del sector azucarero en México ha sido muy dinámica, tanto por su crecimiento paulatino (pero constante), como por la apertura y cierre de instalaciones. Actualmente se tienen registrados 60 ingenios azucareros, de los cuales 51 se encuentran integrados en 14 agrupaciones *cañeras*; existen 9 ingenios no agrupados.

Todos estos ingenios se localizan en 15 estados de la República Mexicana, principalmente en Veracruz y Jalisco.

En cuanto a producción, nuestro país ha sido tradicionalmente un productor neto de azúcar, ya que el consumo siempre ha estado por debajo de la capacidad productiva. Existe además un amplio panorama para la exportación y, de hecho, algunos ingenios mexicanos ya han empezado a realizar exportaciones. En la información preliminar al diagnóstico aplicado en el presente proyecto, proporcionada por el Comité de la *Agroindustria Azucarera*, correspondiente a la zafra 1999/2000 se muestran los siguientes resultados a escala nacional: Superficie industrializada 7,498 ha, caña molida bruta 42,101,035 ton, rendimiento en campo 67.36 ton/ha, azúcar producida 4,695,830 ton, rendimiento de fábrica 11.15 %. Como resultado, se tiene que la industria

azucarera representa el 0.5 del PIB del sector agrícola-industrial.

Las fuentes energéticas, y al mismo tiempo de contaminación, en los ingenios se encuentra principalmente en la combustión de bagazo, emisiones que se descargan al ambiente por medio de chimeneas; otra fuente de contaminación es la generación de agua residual proveniente de los procesos de molienda, lavado y refinado de azúcar. Estas descargas se ven impactadas principalmente en la carga de DBO, DQO, pH, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites, nitrógeno total, fosfatos totales y temperatura. Existe también la contaminación que se genera en el proceso de la molienda por medio del uso de lubricantes, originando la mezcla de éste con bagazo y agua de la molienda. Por último, las fuentes de menor consideración (pero de igual importancia) son los residuos sólidos que se generan dentro de todas las áreas del proceso del azúcar, entre las que se pueden mencionar chatarra, basura industrial, basura de caña y ceniza de bagazo.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE AZÚCAR REFINADA

El proceso de elaboración del azúcar se lleva a cabo en siete operaciones unitarias dentro del ingenio, pero el trabajo, propiamente, empieza desde el campo. Las operaciones unitarias involucradas son:

- Batey
- Molienda
- Clarificación
- Evaporación
- Cristalización
- Refinería
- Refinado y envasado

#### *Campo*

La caña de azúcar, una vez que ha llegado a su punto óptimo de madurez, es cosechada mediante el corte manual. Ésta se deposita sobre una estructura tubular para que se alce y cargue con equipo mecánico, transportándose, mediante camiones y trenes de carretas arrastradas por tractores, al patio de almacenamiento llamado *batey*, previo paso por la báscula para determinar el peso de la misma.

#### *Batey*

El área de *batey* abarca desde las básculas donde se recibe la caña, hasta el lugar donde el conductor la entrega

<sup>1</sup> Según La Cámara Nacional de las Industrias Azucareras y Alcohólicas.

ya preparada a los molinos. La descarga se efectúa utilizando grúas puente y volteadores que levantan los rollos amarrados con cadenas y los depositan en las mesas *alimentadoras*, o bien, las estiban, según las necesidades y la hora del día.

La alimentación de caña se hace mediante el uso de las grúas puente, un volteador y *trascabo* con tenazas hacia las mesas *alimentadoras* que, a su vez, descargan la caña sobre los conductores que la llevan a la batería de molinos.

### **Molienda**

La preparación de la caña se lleva a efecto pasándola por dos juegos de cuchillas giratorias que cortan los tallos y los convierten en astillas; luego pasa hacia la desfibradora, continuando con la operación de la molienda de la caña, que tiene lugar en la batería de molinos, en donde se pasa por unidades múltiples de rodillos *ranurados* llamados *mazas*, entre los cuales se comprime la caña hasta extraerle casi la totalidad del jugo en los molinos (al material exprimido se le llama *bagazo*). Con el objeto de ayudar a la extracción del jugo, el colchón de *bagazo* es rociado con chorros de agua o jugo pobre en azúcar a la salida de cada unidad moledora (así se ayuda a la extracción de azúcar por lixiviación); a esta fase de operación se le conoce como *imbibición*. Con este proceso de molienda se logra extraer en forma de jugo el 95% del azúcar que contiene la caña. A este porcentaje se le conoce como extracción de *sacarosa* o simplemente extracción.

El *bagazo* que sale del último molino contiene el azúcar no extraída; es una fibra leñosa con 48 ó 50% de agua. Este producto se utiliza como combustible en las calderas, materia prima en la fabricación de papel, alimento para ganado, etc.

La *imbibición* del penúltimo y del último molino se hace con agua; el jugo extraído regresa para *imbibir* en los molinos anteriores. El agua usada en la última *imbibición* es caliente y dulce, puesto que una temperatura caliente facilita la lixiviación del azúcar.

El jugo que se envía al proceso es el extraído de los dos primeros molinos y se le denomina "jugo mezclado". Éste es pesado con una báscula automática equipada con contador de pesadas y dosificador automático para *precalizado*. A la salida del molino el jugo es ácido, turbio y de un color entre verde oscuro y café claro, y para purificarlo se sigue el tratamiento de alcanzado para su posterior clarificación.

### **Clarificación**

La clarificación es la fase en la cual se eliminan, tanto parte de las impurezas solubles, como las insolubles del jugo mezclado. Para tal efecto se usa lechada de cal y color como agentes *clarificantes*. La lechada de cal, preparada con aproximadamente 1 Kg. de cal por tonelada de caña, neutraliza la acidez natural del jugo y forma sales insolubles de calcio, principalmente en forma de fosfatos de calcio.

El calentamiento del jugo alcalino se hace a través de calentadores, en dos pasos: 75 °C y 105 °C, hasta el punto de ebullición o un poco más allá del mismo; se coagula la albúmina y algunas de las grasas y gomas; el precipitado que se forma engloba tanto los sólidos en suspensión como las partículas más finas, con ayuda de *floculante*. Mediante sedimentación se logra la separación de los lodos del jugo claro; esto se efectúa en los clarificadores continuos. El jugo obtenido cede el exceso de color antes de entrar a los clarificadores, al penetrar al tanque de autoevaporación o de flash.

El lodo dulce o cachaza que se obtiene en los clarificadores debe procesarse para extraer la mayor cantidad de *sacarosa* que contiene; esto se logra al mezclarlo con *bagacillo* obtenido mediante tamices ubicados en el conductor elevador de *bagazo*. Mientras más fino sea el tamaño del *bagacillo*, mejor retención puede lograr. La cachaza preparada es filtrada y al mismo tiempo lavada con agua en los filtros de tambor rotatorios al vacío, a presión constante. La velocidad de rotación es de aproximadamente 45 revoluciones por hora.

El jugo filtrado que contiene la *sacarosa* es retornado al tanque de guarapo pesado y la torta de cachaza de lodos filtrados se transporta mediante camiones a los campos cañeros para usarse como *mejorador* de suelos o para la elaboración de *composta*.

### **Evaporación**

El jugo clarificado que sale por derrame del clarificador y que, por gravedad, va hacia un tanque receptor que lo bombea al *preevaporador*, contiene aproximadamente 85% de agua; las dos terceras partes de ésta son eliminadas en los *evaporadores* de múltiple efecto al vacío, que son una sucesión (cuádruple o triple efecto) de celdas de ebullición al vacío llamados cuerpo, dispuestos en serie y a contracorriente directa para que en cada cuerpo haga más vacío que en el cuerpo inmediato anterior y, así, el jugo contenido en dicho cuerpo hierva a menor temperatura.

De esta manera, los vapores producidos en un cuerpo calientan hasta la ebullición el jugo que contiene el siguiente.

Con el uso de este sistema, el vapor que se introduce al cuerpo número uno logra producir "evaporación en múltiple efecto". El vapor que sale del último cuerpo va a un condensador barométrico. En esta etapa es importante tomar en cuenta que existe una cierta temperatura crítica que no debe sobrepasarse; de lo contrario, el azúcar del jugo se carameliza provocando, al mismo tiempo, una pérdida de *sacarosa* y una coloración que permanecerá hasta en los cristales de azúcar. Así, se ha considerado una temperatura de 110 °C, en la cual las pérdidas de *sacarosa* no son mayores del 0.1% a un pH normal del jugo que circula por el múltiple efecto de 6.6 a 7.2. A temperaturas superiores a ésta, las pérdidas aumentan rápidamente, por lo que no es conveniente elevar la temperatura del jugo en el primer cuerpo por arriba del límite antes mencionado.

### **Cristalización**

Al jugo concentrado que sale del último cuerpo del múltiple conocido como *melador*, se le llama *meladura* y tiene un contenido del 60 al 65% de sólidos; el porcentaje restante es de agua.

La cristalización es la operación que se lleva a cabo en recipientes al vacío, intermitentes de simple efecto, llamados tachos, en los que se concentra la *meladura* hasta la sobresaturación. Al llegar a este punto se produce la formación de cristales por *ensillamiento*, que es un sistema basado en la introducción de núcleos que representan la cantidad necesaria de grano para la templa a elaborar. Es importante mencionar que se conoce como templa al contenido total de masa que se encuentra en el tacho. Para introducir los núcleos a la solución azucarada, sin peligro de que se disuelvan o provoquen una sobresaturación alta por choques, se ha escogido un punto crítico de sobresaturación aceptable, que va de 1.10 a 1.15%, dependiendo de la pureza y la calidad del material.

Los cristales originales crecen sin que se formen cristales adicionales. A medida que se deposita en ellos azúcar procedente de la masa de ebullición, el crecimiento de los cristales continúa. Cuando el recipiente se llene, los cristales habrán alcanzado el tamaño que se ha determinado previamente (más o menos un milímetro). Así, la mezcla de cristales y melaza queda concentrada hasta formar una masa densa, que recibe el nombre de "masa

*conocida*" y la *templa* es descargada por medio de una válvula colocada en la parte inferior del tacho, hacia un recipiente con agitación continua conocido como "cristalizador", a pesar de que en realidad la operación es una mera agitación, sobre todo si se trata de masas conocidas de *templás* de "C" (por lo que también se le llama agitador). En este último paso se efectúa un agotamiento máximo de las mieles.

La masa conocida así obtenida se envía a través de los mezcladores a las máquinas giratorias llamadas "centrífugas", las cuales constan de un cuerpo cilíndrico llamado canasto y que está suspendido por un cabezal a través de una flecha, impulsando el conjunto por un motor eléctrico. El canasto está perforado y reforzado con cinchos de acero y revestido interiormente con tres telas metálicas, una de las cuales, la más fina, tiene regularmente 625 perforaciones por pulgada cuadrada y es la tela de trabajo sobre la que se deposita el azúcar y se deslizan las cuchillas del raspador automático al descargar la máquina. Estas máquinas giran a una velocidad de ~1200 RPM; la tela o forro perforado retiene los cristales de azúcar.

Los licores madres o mieles pasan a través del forro impulsados por la fuerza centrífuga que sobre ellos se ejerce y se separan de los cristales. Por último, cuando el azúcar queda purgada, la centrífuga se descarga, quedando lista para recibir otra carga de masa conocida.

En el sistema de tres templás doble *ensillamiento* que se lleva a cabo, las mieles de las templás "A" y "B" se retornan al proceso para una nueva cocción, por contener purezas altas, y la templa "C" se elimina del proceso y sale como subproducto, ya que no existe posibilidad de extracción de *sacarosa* en ellas. Desde el punto de vista económico, a este subproducto se le denomina "*miel final*", "*miel C*" o "*miel incristalizable*".

### **Refinado**

El azúcar producto de la centrifugación de la templa de "A" se lleva por medio de un transportador helicoidal hacia el tanque fundidor, donde se disuelve con agua caliente a una temperatura de 80 °C y a un brix entre 63 y 65%. Este licor fundido es bombeado a un tanque colchón, el cual amortigua las posibles variaciones del flujo del mismo. El color (% brix) de este material es del orden de 15%. Posteriormente se bombea a un tamizado en coladores vibratorios, los cuales detienen cualquier partícula en suspensión, pasando inmediatamente a un trata-

miento químico a base de cal y ácido fosfórico, previo calentamiento, hasta una temperatura de 95 °C, para eliminar las impurezas contenidas en el azúcar y neutralizar la acidez propia del licor hasta un pH de 7.4. Como estas impurezas son de pesos moleculares bajos, tienden a permanecer en suspensión; por ello, es necesario inyectar aire comprimido para formar espumas, siendo éstas el vehículo para contener las impurezas del material. Además, se le agrega un decolorante inorgánico (agua oxigenada) y otro orgánico (poliacrilamida) con la finalidad de incrementar la disminución de color. Posteriormente, se pasa a un clarificador tipo circular donde se elimina la espuma formada, por medio de paletas *raspadoras*. El licor clarificado decantado tiene un color (% brix) de 7, lo que quiere decir que se le eliminó el 50% del color que tenía el material original. Posteriormente este licor pasa a decoloración a través de columnas empacadas con carbón granular, el cual es un medio absorbente que, por lo mismo, elimina el color. Al salir de estas columnas *precoloradas*, el licor decolorado, tiene un brix de 63% y un color de brix de 1%. Este licor se envía a cristalización en tachos al vacío para formar una templa llamada de primera, pasando posteriormente a centrifugado, donde se espera al cristal formado del licor madre llamado *sirope* de primera. Este cristal obtenido tiene una humedad del orden de 0.1% y un color medido por reflectancia del 74% el cual se envía a una tolva para posteriormente ligarlo con el azúcar producto de las templeas terceras y cuartas, con la finalidad de uniformar el color de una templa de segunda. Ésta, una vez formada, se centrifuga en la mismas máquinas y se separa el azúcar llamado de segunda con la misma humedad del azúcar de primera, pero con color por reflectancia de 72% (color llamado *sirope* de segunda). El azúcar de segunda se envía directamente al secador para eliminar la humedad que contiene.

Con el *sirope* de segunda de dos templeas seguidas se elabora una templa de tercera, la cual a su vez produce azúcar y *sirope* de tercera, previa centrifugación. El azúcar obtenida tiene un licor del orden de 68% y se envía a las tolvas de liga para mezclarla con el azúcar de primera en una proporción de 66% de azúcar primera y de 33% de azúcar tercera.

Con el *sirope* de dos templeas de tercera se elabora una templa de cuarta, la cual, después de centrifugarse, produce azúcar y *sirope* de cuarta. El azúcar de cuarta se envía a las tolvas de liga para mezclarlo con el azúcar de primera en una proporción de 83% primera y 17% cuar-

ta. Al *sirope* de cuarta se le denomina "*run-off*" y éste se envía hacia los tachos de crudo, para formar templeas de "A". A lo anterior se le denomina "Sistema de quince templeas".

### **Secado y envasado**

Toda el azúcar, una vez ligada, es secada por medio de un equipo rotatorio, para reducir su contenido de humedad hasta un 0.045%, el cual es el parámetro que marcan las Normas Oficiales Mexicanas. El *granulador*, o secador, es un tambor de lámina metálica que gira sobre rodillo. En la parte interna contiene una serie de deflectores colocados en sentido longitudinal cuya función es hacer pasar una corriente de aire caliente (120 °C), a través del azúcar. Este aire es calentado en radiadores por medio de vapor *sobrecaentado* a una presión de 6 kg/cm<sup>2</sup>. Todo ello situado en el extremo de la carga del tambor, haciéndolo pasar a través de los elementos calefactores y el secador por medio de 2 ventiladores, uno de extracción de aire de calentamiento y otro de extracción de aire de enfriamiento. Al mismo tiempo se extrae, atrapa y descarga el *polvillo* de azúcar al sistema de granza. El azúcar secada y enfriada que sale del secador pasa (por medio de una banda transportadora de hule) a la tolva recolectora, donde se encuentra una *bascula dúplex automática* para envasar en sacos de 50 Kg. cada uno. Éstos se cosen en la parte superior por medio de una maquinaria *cosedora* y de ahí se envían a la bodega de almacenamiento o, en su defecto, directamente al mercado de consumo.

### **RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO**

Los ingenios participantes en este proyecto son empresas dedicadas a la elaboración de azúcar crudo, blanco y refinada como producto principal, utilizando como materia prima la caña de azúcar. Tienen una capacidad de molienda entre 2,500 y 12,500 ton de caña por día. Su horario de trabajo abarca las 24 horas diarias durante la época de zafra, la cual se extiende de diciembre a junio; y 8 horas en el resto del año, período que se aprovecha para realizar reparaciones y modificaciones en la planta.

En el proyecto realizado se evaluaron 26 oportunidades diferentes, de un total de 36. Además se presentaron 35 recomendaciones diferentes que, por limitaciones propias del proyecto, no pudieron abordarse en detalle, pero que, sin embargo, son acciones cuya aplicación permitirá alcanzar beneficios significativos, tanto en materia económica operativa y de producción, como de mejoría de su desempeño ambiental.

Las oportunidades encontradas se agrupan en las siguientes áreas:

- **Uso de agua industrial:** Dentro del proyecto de P+L se encontró que, además de la cantidad de agua que se genera durante el proceso de elaboración, la cual proviene del agua contenida en la caña de azúcar, en los ingenios se consume una gran cantidad de agua industrial, empleada principalmente para la generación de vapor, uso en *imbibición*, agua de reposición a torres de enfriamiento y en los sistemas de enfriamiento (como son: cristalizadores, compresores de aire, chumaceras de molinos, enfriadores de aceite de turbinas, chumaceras de molinos, 1° y 2°, juego de cuchillas, lavado de gas de horno de carbón), sin olvidar las pérdidas por fugas en tuberías y equipos. Todas estas oportunidades de ahorro se encuentran enfocadas sobre la reducción del consumo de agua industrial, así como en la reutilización de la misma dentro del proceso productivo; a través de la implantación de una serie de modificaciones en planta y la adopción de buenas prácticas de operación. La aplicación de las oportunidades en este rubro generará una disminución de ~ 573,549 m<sup>3</sup>/año de agua industrial. La inversión total requerida para la aplicación de las oportunidades es de ~\$64,700, lo que representa un ahorro económico de ~625,100 \$/año. El período simple de recuperación de la inversión es de ~0.10 años.
- **Uso de energía eléctrica:** Los ingenios cuentan necesariamente con una planta generadora de energía eléctrica, integrada por *turbogeneradores* de vapor, los cuales pueden emplear *bagazo* y combustóleo como combustible complementario, o emplear sólo combustóleo; con lo cual se satisfacen plenamente sus necesidades, por lo que no requieren del suministro de energía eléctrica por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) durante el período de zafra (6 meses, aproximadamente). En el período de reparación, los ingenios consumen energía eléctrica a través de la acometida de CFE. La aplicación de las oportunidades de ahorro de energía eléctrica recomendadas representará un ahorro en el consumo eléctrico de ~1,676,410 kWh/año. La inversión total requerida para la aplicación de estas oportunidades es de ~\$1,153,150 lo que representará un beneficio económico de ~2,192,022 \$/año; con un período simple de recuperación de la inversión de ~0.5 años.
- **Uso de energía térmica:** El combustóleo y el bagazo son las principales fuentes de energía térmica empleadas en los ingenios, las cuales son utilizadas principalmente en la generación de vapor. Los principales consumidores de este vapor son las turbinas de la planta eléctrica, los molinos y desfibradoras, y las bombas de agua de alimentación a calderas. Dentro de las medidas de ahorro de energía térmica se encuentran oportunidades que reducen el consumo de energía eléctrica, lo que, como ya se mencionó, impacta directamente en una reducción de combustóleo, por el hecho de que los ingenios generan su propia electricidad. La aplicación de las medidas de ahorro de energía térmica identificadas generará una disminución de 3,792,538 litros/año de combustóleo. La inversión total requerida para la aplicación de las medidas es de ~\$3,887,200, lo que generará beneficios económicos de ~4,230,800 \$/año; el período simple de recuperación de la inversión es de ~0.91 meses.
- **Reducción de las pérdidas de azúcar.** Durante el diagnóstico de P+L se desarrolló el análisis de las pérdidas indeterminadas, desde el corte de la caña en campo, hasta la etapa final del proceso de elaboración del azúcar. Con base en esto, se desarrollaron algunas medidas de ahorro encaminadas a la reducción de las pérdidas de azúcar, mediante la implantación de un sistema de control de *dextranas*, eliminación de derrames, fugas y arrastres de *sacarosa*, los cuales forman parte de las pérdidas indeterminadas de azúcar en planta. Los ahorros estimados de la aplicación de estas medidas serían de ~943.92 ton/año a ~4,084.92 ton/año azúcar, lo que representa ahorros económicos de ~3,655,320 \$/año a ~16,506,540 \$/año. La implantación de estas medidas requiere de una inversión de ~\$120,000, por lo cual el período simple de recuperación resulta ser de 0.03 años.
- **Sistemas de Administración Ambiental:** En lo que respecta a la Administración Ambiental, se evaluaron los instrumentos con los que actualmente cuentan los ingenios, los cuales pueden servir como base para establecer un Sistema de Administración Ambiental (SAA). Se presentó también una serie de recomendaciones específicas sobre cada punto en particular de la Norma ISO 14001 y la relación que guarda con los aspectos ambientales más importantes. El costo de inversión y los beneficios provenientes de la aplicación de esta medida no fueron cuantificados en el proyecto.

La inversión total necesaria para llevar a cabo la implantación de todas las oportunidades de ahorro recomendadas es de ~\$5,221,825, lo que resultará en beneficios económicos de ~9,814,170 \$/año; el período simple de recuperación de la inversión es de ~0.53 años. Además, la adopción de todas estas medidas de P+L generará una disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera de 16,665 ton/año.

La Figura 1, presenta un resumen gráfico de las inversiones y beneficios económicos por rubro.

Con relación al período simple de retorno de la inversión, ~72 % de las medidas se recuperan en menos de 1 año, como lo muestra la Tabla 1 y la Figura 2.

### ÍNDICES DE DESEMPEÑO

Los indicadores de desempeño ofrecen una manera simple y rápida de analizar y evaluar la eficiencia de las operaciones unitarias, los procesos y las actividades de un ingenio. Es decir, indican de una manera normalizada las cantidades de materias primas consumidas o generadas, la energía, o cualquier otra variable ambiental, pueden ser usados para comparar la eficiencia de un ingenio respecto a otros. La comparación de los indicadores de desempeño puede revelar cuáles son aquellas operaciones unitarias, procesos y/o actividades que tienen un buen potencial de mejoramiento a través de medidas de P+L.

Los indicadores de desempeño son herramientas útiles, aun cuando no existan valores internacionales o típicos de desempeño (como valores de Prácticas Industriales Estándar) que pudieran usarse para evaluar la eficiencia de las actividades específicas de los ingenios; proporcio-

Figura 1.- Inversiones y beneficios económicos por área.

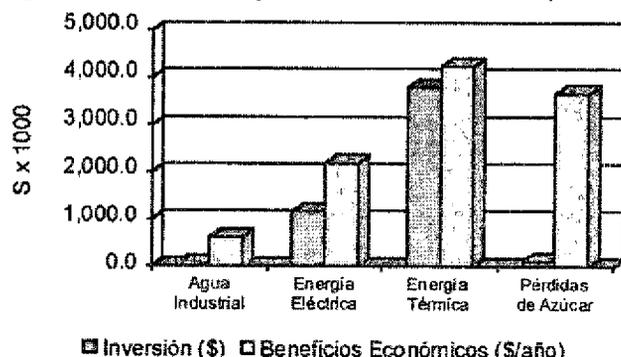
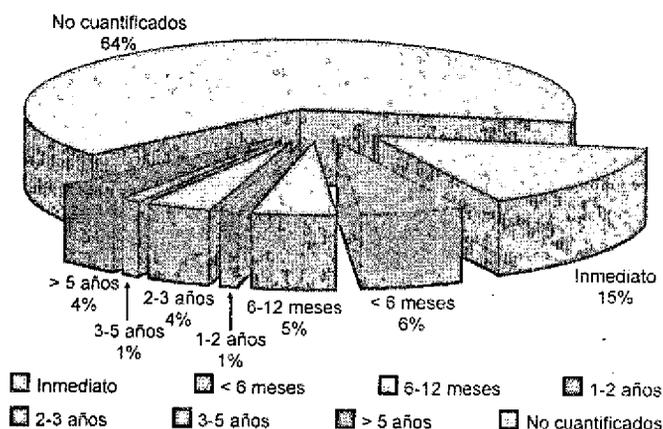


Figura 2.- Porcentaje de medidas en relación con el período simple de recuperación de la inversión.



nan al ingenio valores reales y cuantificados de consumos y eficiencias. Éstos pueden ser considerados como valores de referencia con los cuales se evaluarán los impactos de las medidas encaminadas a lograr mejoras ambientales. A continuación, se presentan algunos indicadores de desempeño empleados, tomando en cuenta los valores anuales reportados en las corridas de zafra nacional de los años 1998 y 1999.

Tabla 1.- Porcentaje de medidas en relación con el período simple de recuperación de la inversión

Período de Retorno (año)	Número de Medidas	Beneficios Económicos (pesos/año)	Inversión (pesos)	Período de Retorno Promedio (año)	Porcentaje (%)
Inmediato	15	5,613,017	0	Inmediato	17.0
0-6 meses	5	3,043,253	584,076	0.19	5.6
6-12 meses	4	363,359	250,890	0.69	4.5
1-2 años	2	104,507	52,467	0.50	2.2
2-3 años	3	475,853	1,190,286	2.5	3.4
3-5 años	1	12,642	47,006	3.7	1.1
> 5 años	4	201,535	3,097,111	15.3	4.5
<b>Cuantificadas</b>	<b>34</b>	<b>9,814,166</b>	<b>5,221,836</b>	<b>0.53</b>	<b>38.6</b>
<b>No cuantificadas</b>	<b>54</b>				<b>61.3</b>
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>9,814,166</b>	<b>5,221,836</b>	<b>0.53</b>	<b>100.0</b>

Tabla 2.- Comparativo de indicadores de desempeño

Indicadores de Desempeño	Unidad	Valor Nacional		Ingenio Tipo	
		1998	1999	1998	1999
Año		1998	1999	1998	1999
Duración	Días	181	170	185	161
Inicia	Fecha			20/12/97	04/12/98
Termina	Fecha			27/05/98	16/05/99
Caña por hectárea	Ton	74.87	68.58	84.77	61.52
Azúcar por hectárea	kgrs	8,18	7,393	10,242	7,273
Imbibición % caña	%	24.31	26.09	25.72	27.11
Bagazo de caña	%	29.72	29.91	27.02	29.81
Humedad en bagazo	%	51.39	51.17	51.4	50.65
Rendimiento de fábrica	%	10.93	10.78	12	11.02
Sacarosa, pérdida total	%	2.4	2.41	1.73	1.85
Sacarosa, jugo mezclado	%	13.21	12.89	13.56	13.61
<b>Tiempo perdido total</b>	<b>%</b>	<b>24.6</b>	<b>26.26</b>	<b>25.35</b>	<b>24.43</b>

DIAGRAMA DE FLUJO DE UN INGENIO DE CRUDOS

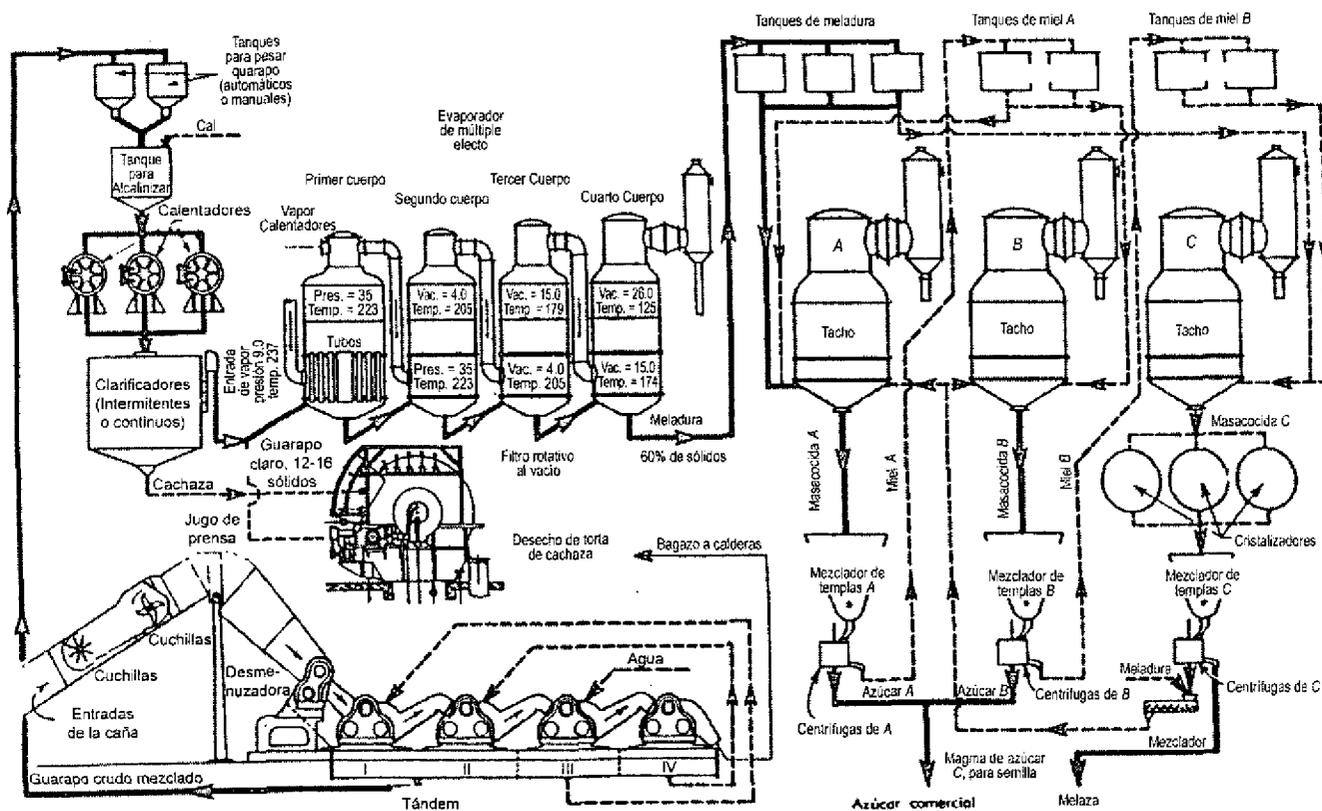


DIAGRAMA DE FLUJ DEL PROCESO FABRICA DE REFINADO

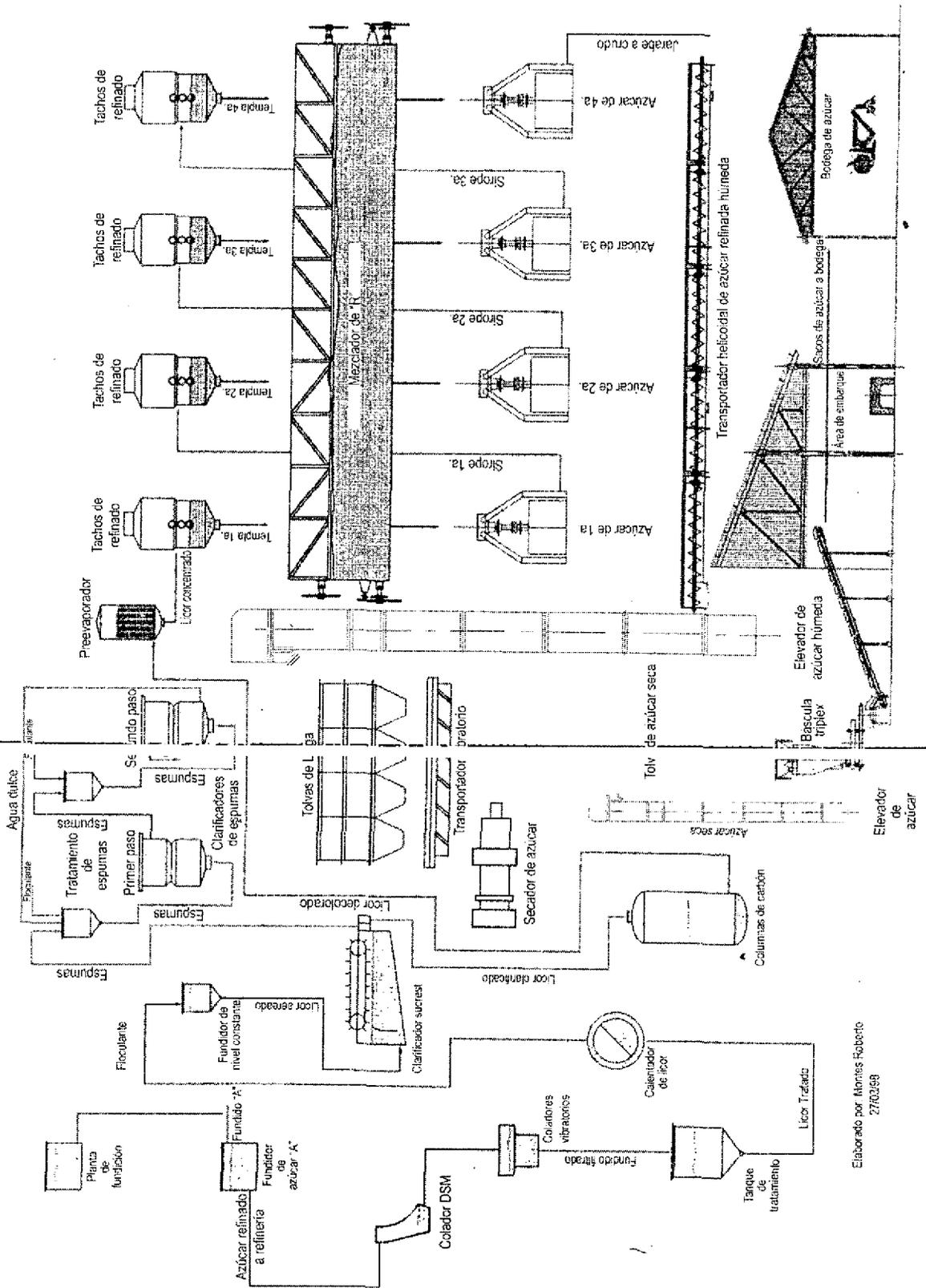


Figura 3.- Diagrama de proceso de elaboración de azúcar

Elaborado por Montes Roberto  
2760269

## CAPÍTULO 2

# MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

La información que se proporciona en esta guía (las medidas recomendadas) se clasifica de la siguiente manera: 1) Medidas enfocadas a la reducción del consumo de agua; 2) Medidas enfocadas a la reducción de pérdidas de azúcar; 3) Medidas enfocadas a la reducción del consumo de energía térmica; 4) Medidas enfocadas a la reducción del consumo de energía eléc-

trica; y 5) Medidas enfocadas a implementar un sistema de administración ambiental.

En la evaluación de P+L en los dos ingenios participantes, por parte de México, se detectaron, evaluaron y recomendaron 19 diferentes medidas de ahorro (oportunidades), Tabla 3, además de una serie de recomendaciones.

**Tabla 3. Resumen de Medidas de ahorro (oportunidades) de Producción más Limpia, Eficiencia Energética y Administración Ambiental**

MEDIDAS	RESULTADOS		
	AMBIENTALES	TÉCNICOS	ECONÓMICOS
<b>Medidas Enfocadas a la Reducción del Consumo del Agua</b>			
Reducir el consumo de agua en el proceso.	Reducción en el consumo de agua industrial al proceso y minimización de agua residual generada.	Reducción en el consumo de agua industrial mediante la instalación de sistemas de recirculación en las diferentes áreas del proceso.	Ahorros económicos al reducir el consumo y costo por disposición del agua industrial, así como en los costos por tratamiento de agua residual.
Reparar fugas de agua.	Reducción en el consumo de agua industrial al proceso y minimización en la generación de agua residual.	La aplicación de esta oportunidad de ahorro requiere la aplicación del mantenimiento correctivo y preventivo en lo referente a fugas.	Ahorros económicos al reducir el consumo por disposición del agua industrial, así como en los costos por tratamiento de agua residual.
<b>Medidas Enfocadas a la Reducción de las pérdidas de Azúcar</b>			
Instalar un sistema de control de nivel y flujo en los tanques de licor y espumas	Disminución en la carga orgánica (DBO) y disminución en las emisiones de CO <sub>2</sub> .	Reducción de las pérdidas de azúcar, ocasionadas por derrames de producto en tanque de almacenamiento de los diferentes licores, mediante la instalación de controladores de nivel automáticos operados mediante presión diferencial.	Beneficios económicos por la reducción en las pérdidas de azúcar, ahorro económico por combustible y por consumo de productos químicos

MEDIDAS	RESULTADOS		
	AMBIENTALES	TÉCNICOS	ECONÓMICOS
Evitar arrastres de azúcar.	Disminución en la carga orgánica (DBO).	Instalación de controladores de nivel con alarma para detectar derrames de producto en evaporadores y tachos, así como capacitación de personal operativo.	Beneficios económicos por reducción en las mermas de producto.
Implantar un sistema de control de dextranas.	Reducción en la proliferación del microorganismo <i>Leuconostoc-menesteroides</i> .	Establecimiento de un control de para evitar la proliferación de las dextranas, mediante el análisis en diferentes puntos del proceso y la adición controlada de un biocida.	Ahorros por reducción de pérdidas de azúcar.
<b>Medidas Enfocadas a la Reducción del Consumo de Energía Térmica</b>			
Eliminar fugas de vapor.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera y del consumo de agua.	Detección y eliminación de fugas en toda la línea de distribución. Inclusión de éstas en el programa de mantenimiento.	Ahorros económicos derivados de la eliminación de los desperdicios de energía térmica que se refleja en el consumo de combustóleo utilizado en las calderas.
Cambiar trampas de vapor.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera y del consumo de agua.	Sustitución de las trampas de vapor dañadas o en malas condiciones, las cuales provocan fugas de vapor vivo hacia las líneas de condensado o al drenaje.	Ahorro económico por la reducción en el consumo de combustóleo.
Colocar aislamiento térmico en tuberías desnudas.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.	Instalación de aislamiento térmico en tuberías desnudas y reacondicionamiento de aquéllas que estén dañadas.	Ahorro económico por la reducción en el consumo de combustóleo.
Colocar aislamiento térmico en las turbinas de la planta eléctrica.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.	Instalación de aislamiento térmico en las turbinas de los turbogeneradores, ya que la falta de éste provoca la disipación de energía al medio ambiente.	Beneficio económico al reducir el consumo de combustible.
Colocar aislamiento térmico en tanques.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.	Instalación de aislamiento térmico en tanques que contengan agua y/o productos intermedios con altas temperaturas.	Ahorros directos por la reducción de combustóleo empleado.
Reducir las pérdidas de energía por el vapor de desfogue, en el área de fábrica.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera y en el consumo de agua.	Programación adecuada en el área de evaporación, a fin de reducir los desfogues de vapor de vivo a la atmósfera para evitar pérdidas de energía.	Ahorros directos por la reducción de combustóleo empleado para la generación de vapor.
Reducir la temperatura del aire de admisión del compresor.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.	Reubicación del compresor de tornillo, con el fin de reducir la temperatura del aire de admisión y entregar el máximo flujo de aire posible.	Los ahorros de energía eléctrica proporcionarán un ahorro en el consumo de combustóleo.
Optimizar el uso de aire comprimido.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.	Eliminación de los desperdicios de aire comprimido, mediante el uso racional del mismo y la reparación de las fugas existentes.	El ahorro que se obtiene por la optimización del uso de aire comprimido se ve reflejado en la reducción del consumo de combustóleo.

MEDIDAS	RESULTADOS		
	AMBIENTALES	TÉCNICOS	ECONÓMICOS
<b>Medidas Enfocadas a la Reducción del Consumo de Energía Térmica</b>			
Aprovechar el vapor de venteo del tanque de condensados puros.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera y del consumo de agua.	Uso del vapor de venteo del tanque de condensados puros para precalentamiento de algún otro equipo que requiera calentamiento a través del vapor generado y no ventear a la atmósfera.	La aplicación de esta medida traerá como consecuencia un ahorro económico por la reducción en el consumo de combustible.
Instalar un tanque <i>flash</i> para recuperar el calor de la purga continua de calderas.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera y del consumo de agua.	Instalación de un tanque <i>flash</i> , con el objeto de recuperar el vapor de <i>flasheo</i> de la purga continua. El mismo puede enviarse al tanque <i>deaerador</i> .	Beneficios económicos obtenidos como resultado de una disminución en el consumo de combustible.
Modernizar el equipo de centrifugado.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.	Sustitución del tipo de centrifugas que consuman más energía por aquellas que operen con una mayor eficiencia (kWh/ton producto).	Con la disminución del consumo de energía eléctrica, se obtendrá una disminución en el consumo de combustible.
Instalar un <i>variador</i> de frecuencia en la bomba de jugo pesado.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.	Reemplazo del sistema de control actual (estrangulación y recirculación de jugo pesado) por un control de variación de velocidad de la bomba ( <i>variador</i> de frecuencia).	La disminución del consumo de energía eléctrica traerá como consecuencia una reducción en el consumo de combustible.
Reemplazar motores <i>reembobinados</i> por motores de alta eficiencia.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.	Sustitución programada de motores <i>sobredimensionados</i> y <i>reembobinados</i> , al igual que los motores que no son los originales de ciertas máquinas.	La disminución en el consumo de energía eléctrica se traduce en un menor consumo de combustible.
<b>Medidas Enfocadas a la Reducción del Consumo de Energía Eléctrica</b>			
Reemplazar la iluminación.	Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera.	Reemplazo de la iluminación actual por iluminación más eficiente.	Beneficios económicos al reducir el consumo de combustible (durante la zafra) y el consumo de energía eléctrica (en reparaciones).
<b>Medidas Enfocadas a la Implementación de un Sistema de Administración Ambiental</b>			
Establecer un sistema de administración ambiental y un sistema de administración de energía.	Reducción del impacto ambiental ocasionado por las diferentes actividades del ingenio.	Cumplimiento de la legislación ambiental aplicable y mejores condiciones laborales y de servicio, así como mejoría de la imagen pública del ingenio.	Se obtienen beneficios directos, dependiendo de la situación en cada ingenio.

## MEDIDAS ENFOCADAS A LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA

### MEDIDA NO. 1: REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA EN PROCESO

**SITUACIÓN PREVIA:** Para los ingenios es fundamental el uso de agua para el proceso de producción de azúcar generado aguas residual provenientes de los procesos de molienda, lavado y refinación del azúcar. Estas descargas de agua residual se ven impactadas principalmente en la carga de DBO, DQO, pH, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites, nitrógeno total, fosfatos totales y temperatura.

Es común encontrar que en los ingenios no existe un sistema de circuito cerrado de integración del agua. Una vez extraída de los ríos o pozos profundos, ésta es distribuida a las diferentes áreas de proceso. Ya que ha cumplido su función, pasa a tratamiento para, finalmente, ser destinada a riego agrícola.

**RECOMENDACIÓN:** La opción contempla la integración del agua considerada a toda pérdida<sup>2</sup>, en los diferentes puntos del proceso, reduciendo los costos por consumo de agua, así como los costos por tratamiento del agua residual generada. Para ello se recomienda llevar a cabo las siguientes acciones:

#### ACCIÓN 1.- INTEGRAR A TORRE DE ENFRIAMIENTO CHICA EL AGUA DE ENFRIAMIENTO DE TURBINAS DE CALDERAS DE TIRO INDUCIDO:

Generalmente el agua que entra al sistema de enfriamiento de turbinas de calderas de tiro inducido, lo hace a ~ 31°C y sale a ~ 34°C, temperatura promedio. La recomendación aquí es integrar esa agua a la torre de enfriamiento, logrando con esto tener un circuito cerrado y eliminando el consumo de agua nueva para enfriamiento en las turbinas, además de reducir el costo por tratamiento del agua residual.

### ACCIÓN 2.- INTEGRAR AL SISTEMA DE IMBIBICIÓN DE MOLINOS EL AGUA DE ENFRIAMIENTO DE CHUMACERAS DE MOLINOS:

Es común encontrar que el agua empleada para *imbibición* de molinos sea mezclada con agua proveniente de los condensados amoniacales obtenidos en el proceso y que posteriormente sea alimentada al sistema de *imbibición* en molinos, a una temperatura de entre ~60 °C y ~70 °C. Otra parte del agua del tanque elevado es empleada en el enfriamiento interior de chumaceras de molinos. Ésta, una vez realizada su función, sale a una temperatura promedio de ~35 °C y es desechada al drenaje, ocasionando con ello que se incrementen los costos por consumo y tratamiento del agua. Aunado a todo esto, es común que se recurra a una acción de enfriamiento exterior de chumaceras, que consiste en colocar una manguera flexible en cada una de las mazas de los molinos y en cada lado de los mismos, para compensar el calentamiento de las mazas (arriba de 40 °C) provocado por la fricción en las mismas. La recomendación en esta opción es integrar al sistema de alimentación de agua de *imbibición* toda el agua del enfriamiento interior de las chumaceras, para mezclarla posteriormente con los condensados amoniacales y obtener la temperatura y el flujo necesarios en el sistema de alimentación de agua de *imbibición* a molinos, así como la eliminación del enfriamiento exterior de las chumaceras.

#### ACCIÓN 3.- ELIMINAR EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EXTERIOR DEL 1° Y 2° JUEGOS DE CUCHILLAS:

Otro punto de consumo de agua en los ingenios es el enfriamiento exterior de chumaceras de las cuchillas de molinos, el cual resulta ser innecesario, ya que el agua entra a una temperatura ~30 y 31°C y a su paso por la parte externa de la chumacera la temperatura no se incrementa

<sup>2</sup> Agua que sólo se emplea una vez y es desechada para su posterior uso en riego.

en más de 1°C. Por ello, se recomienda eliminar dicho sistema de enfriamiento, evitando así la contaminación del agua con el *bagacillo* y grasa existentes en el área.

#### ACCIÓN 4.- INTEGRAR AGUA DE LAVADO DE GASES DEL HORNO DE CARBÓN A TORRE DE ENFRIAMIENTO PRINCIPAL:

Es común utilizar agua limpia en el sistema de lavado de gases del horno de carbón. Esta agua, una vez realizada su función, es desechada. Por tal razón, se recomienda introducirla en la torre de enfriamiento principal y reducir con esto el agua de alimentación de relleno a torre.

#### ACCIÓN 5.- REDUCIR AGUA DE ALIMENTACIÓN A TORRE DE ENFRIAMIENTO SECUNDARIA:

Dentro de estos consumos de agua, también se tiene el de alimentación a torre de enfriamiento secundaria, el cual puede incrementarse si no cuenta con flotador para regular la cantidad de agua de reposición a torre. Por ello, se propone instalar uno de éstos y regular la alimentación de agua de reposición a ~25 m<sup>3</sup>/día de purga constante de agua para evitar incrustaciones y reconcentración de impurezas en la torre, y también el desperdicio de agua y los costos que ello ocasiona.

#### ACCIÓN 6.- INTEGRAR EL AGUA DE ENFRIAMIENTO DE LOS COMPRESORES DE AIRE AL CÁRCAMO DE INYECCIÓN DE CONDENSADORES BAROMÉTRICOS:

Regularmente, el agua que entra al sistema de enfriamiento de los compresores de aire lo hace a una temperatura promedio de ~30 y 31°C y sale del sistema a ~32°C. Una vez realizada su función, sale de la planta como agua residual. Por esto, se recomienda integrarla al *cárcamo* de inyección de los condensadores barométricos, reduciendo así el agua de reposición de torre de enfriamiento de agua de los inyectores y también los costos por consumo y tratamiento del agua residual.

#### CONSIDERACIONES

##### Ejemplo 1: Estimación de ahorro de agua logrado por la reducción en el consumo de agua en proceso

##### Suposición:

Se consideran años de ~180 días de zafra (DZ).  
Consumo de agua en proceso (AP) = 5,545.80 m<sup>3</sup>/día  
Consumo de agua total en zafra (ATZ) = AP x DZ

$$\begin{aligned} \text{ATZ} &= (5,545.80 \text{ m}^3/\text{día}) \times (180 \text{ días/año}) = 998,244 \text{ m}^3/\text{año} \\ \text{Costo por consumo de agua tipo industrial (CAI)} &= 0.5859 \text{ \$/m}^3 \\ \text{Costo por tratamiento de agua industrial (CTAI)} &= 1.218 \text{ \$/m}^3 \end{aligned}$$

##### Cálculos para Agua de Turbinas de Tiro Inducido:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de agua en turbinas (ATU)} &= 86.4 \text{ m}^3/\text{día} \\ \text{Consumo de agua por zafra en turbinas (AZTU)} &= \text{ATU} \times \text{DZ} \\ \text{AZTU} &= (86.4 \text{ m}^3/\text{día}) \times (180 \text{ días/año}) = 15,552 \text{ m}^3/\text{año} \\ \text{Costo de agua a turbinas (CATU)} &= \text{CAI} \times \text{AZTU} \\ \text{CATU} &= (0.5859 \text{ \$/m}^3) \times (15,552 \text{ m}^3/\text{año}) = 9,111 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

##### Cálculos para Agua de Enfriamiento de Chumaceras de Molinos:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de agua en chumacera (ACH)} &= 1,177 \text{ m}^3/\text{día} \\ \text{Consumo de agua por zafra en chumaceras (AZCH)} &= \text{ACH} \times \text{DZ} \\ \text{AZCH} &= (1,177 \text{ m}^3/\text{día}) \times (180 \text{ días}) = 211,860 \text{ m}^3/\text{año} \\ \text{Costo de agua en chumaceras (CACH)} &= \text{AZCH} \times \text{CAI} \\ \text{CACH} &= (211,860 \text{ m}^3/\text{año}) \times (0.5859 \text{ \$/m}^3) = 124,128 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

##### Cálculos para Agua de Enfriamiento de Cuchillas:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de agua en cuchillas (ACU)} &= 21.77 \text{ m}^3/\text{día} \\ \text{Consumo de agua por zafra (AZCU)} &= \text{DZ} \times \text{ACU} \\ \text{AZCU} &= (21.77 \text{ m}^3/\text{día}) \times (159 \text{ días}) = 3,461 \text{ m}^3/\text{año} \\ \text{Costo de agua en cuchillas (CACU)} &= \text{AZCU} \times \text{CAI} \\ &= (3,461 \text{ m}^3/\text{año}) \times (0.5859 \text{ \$/m}^3) = 2,028 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

##### Cálculos de Agua de Lavado de Gases Horno de Carbón:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de agua en horno de carbón (AHC)} &= 7.2 \text{ m}^3/\text{día} \\ \text{Consumo de agua por zafra (AZHC)} &= \text{AHC} \times \text{DZ} \\ \text{AZHC} &= (7.2 \text{ m}^3/\text{día}) \times (180 \text{ días/año}) = 1,294 \text{ m}^3/\text{año} \\ \text{Costo de agua en horno de carbón (CAHC)} &= \text{AZHC} \times \text{CAI} \\ \text{CAHC} &= (1,294 \text{ m}^3/\text{año}) \times (0.5859 \text{ \$/m}^3) = 759 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

##### Cálculo de Agua de Torre de Enfriamiento Secundaria:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de agua en torre secundaria (ATE)} &= (98 \text{ m}^3/\text{día}) \\ &- (25 \text{ m}^3/\text{día}) = 73 \text{ m}^3/\text{día} \\ \text{Consumo de agua por zafra (AZTE)} &= \text{ATE} \times \text{DZ} \\ \text{AZTE} &= (73 \text{ m}^3/\text{día}) \times (180 \text{ días/año}) = 13,140 \text{ m}^3/\text{año} \\ \text{Costo de agua en torre secundaria (CATE)} &= \text{AZTE} \times \text{CAI} \\ &= (13,140 \text{ m}^3/\text{año}) \times (0.5859 \text{ \$/m}^3) = 7,698 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

##### Cálculos Agua de Compresores de Aire:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de agua en compresores de aire (ACA)} &= 81.1 \text{ m}^3/\text{día} \\ \text{Consumo de agua por zafra (AZCA)} &= \text{ACA} \times \text{DZ} \\ \text{AZCA} &= (81.1 \text{ m}^3/\text{día}) \times (180 \text{ días/año}) = 14,598 \text{ m}^3/\text{año} \\ \text{Costo de agua en compresores de aire (CACA)} &= \text{AZCA} \times \text{CAI} \\ \text{CACA} &= (14,598 \text{ m}^3/\text{año}) \times (0.5859 \text{ \$/m}^3) = 8,552 \text{ \$/año} \\ \text{Ahorro Económico Total (AET)} &= 468,838 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

**INVERSIÓN NECESARIA:** Para la aplicación de esta oportunidad de ahorro se requiere de la compra de tubería necesaria para realizar la modificación en cada acción descrita, con un costo máximo de ~\$65,000 M.N. No se considera el costo por mano de obra dentro de la inversión, ya que la instalación se le puede encargar al personal de mantenimiento del ingenio.

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** Considerando el ahorro económico que se tendrá por la aplicación de esta medida de ahorro, es de 468,838 \$/año. Con lo que el período de recuperación de la inversión resulta ser menor a dos meses.

**COMENTARIOS:** Ya que toda el agua residual que se genera en estos ingenios es empleada para riego agrícola y no excede los límites máximos permisibles, no se tienen costos por descarga de agua residual industrial.

## MEDIDA NO. 2: REPARAR FUGAS DE AGUA

**SITUACIÓN PREVIA:** Aun cuando los ingenios cuentan con un buen mantenimiento en lo que se refiere a reparación de fugas, es común encontrar algunas fugas de agua que necesitan reparación. Éstas ocasionan que se incremente el consumo de agua para la operación de la fábrica, así como el volumen de aguas residuales a tratar en los ingenios, por lo que aumentan los costos de disposición y tratamiento de aguas.

**RECOMENDACIÓN:** En la medida de lo posible, se deben reparar todas las fugas existentes, así como realizar periódicamente un monitoreo en planta para detectar y reparar las fugas de agua lo antes posible. Además, es necesario capacitar y crear conciencia en todo el personal sobre el uso racional del agua y evitar con esto desperdicios innecesarios.

## RESULTADOS

En la evaluación de esta oportunidad de ahorro, sólo se realizó una calificación y cuantificación de todas las fugas visibles de agua en planta.

### Ejemplo 2: Estimación de los ahorros logrados por reparación de fugas de agua en el Ingenio

#### Suposiciones:

Días de zafra al año (DZ) = 170

Costo del agua uso industrial (CAI) = 0.5 \$/m<sup>3</sup>

Consumo de agua en fugas (AF) = 374.302 m<sup>3</sup>/día

Ahorro en agua (AA) = AF x DZ

AA = 374.302 m<sup>3</sup>/día x 170 días/año = 63,631.34 m<sup>3</sup>/año

Costo de energía eléctrica por m<sup>3</sup> de agua que entra al Ingenio (CEE) = 0.04427 \$/m<sup>3</sup>

Costo por consumo de agua industrial por fugas CAIF = AA x CAI

CAIF = (63,631.34 m<sup>3</sup>/año)(0.50 \$/m<sup>3</sup>) = 31,815.5 \$/año

Costo de energía eléctrica por el agua total de fugas

(CEEF) = CEE x AA

CEEF = (0.04427 \$/m<sup>3</sup>)(63,631.34 m<sup>3</sup>/año) = 2,817.53 \$/año

Ahorro Económico Total (AET) = CAIF + CEEF

AET = 31,815.5 \$/año + 2,817.53 = 34,633 \$/año

## MEDIDAS ENFOCADAS A LA REDUCCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE AZÚCAR

### MEDIDA NO. 3: INSTALAR UN SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL Y FLUJO EN LOS TANQUES DE LICOR Y ESPUMAS

**SITUACIÓN PREVIA:** Se da el caso que en los tanques de espumas, de licor tratado, licor *aereado*, licor clarificado y licor decolorado, se generen derrames de producto. Aunque parte de lo derramado es recuperado y procesado nuevamente, esta operación no es la adecuada, ya que se está duplicando el procesamiento de producto y, por ende, se gasta una cantidad de servicios como vapor y energía eléctrica, además de químicos. Cabe señalar que este producto reprocesado se mezcla con el agua de lavados en el *cárcamo*, por lo que, además, se introduce una cantidad extra de agua al proceso.

**RECOMENDACIÓN:** Instalar controladores de nivel automático que operen mediante diferencial de presión para los tanques que trabajan como *batch*, ya que los sistemas que funcionan mediante densidad o electrodos fallan (en virtud de que se generan espumas en el nivel alto del tanque). Y para los tanques de licor clarificado, instalar un sistema de control de flujo para controlar adecuadamente la operación.

#### Ejemplo 3: Estimación del ahorro logrado por la instalación de sistema de control de nivel y flujo en tanques de licor y espuma

##### Suposiciones:

Se puede considerar que  $\frac{1}{4}$  de las pérdidas indeterminables de sacarosa se debe a esta situación.  
 Pérdidas indeterminables de azúcar (PIA) = 2,259 ton/zafra  
 Eficiencia de fábrica (EF) = 86.287%  
 Días de zafra (DZ) = 180 días  
 Tiempo perdido (TP) = 11.2%  
 Azúcar perdida (AP) = PIA x  $\frac{1}{4}$   
 AP = 2,259 ton/año x  $\frac{1}{4}$  = 565 ton/año  
 Azúcar recuperable (AR) = AP x EF  
 AR = 565 ton/año x 0.86287 = 488 ton

#### Cálculo de la Carga Orgánica en el Agua de Reposición a la Torre por Azúcar Derramada

Agua limpia de reposición a la torre (ART) = 4,591 m<sup>3</sup>/día  
 Densidad del agua (DA) = 1 kg/litro  
 De acuerdo a Chen, la DBO de los carbohidratos está en relación de 1ppm de DBO = 0.833 ppm de carbohidrato.  
 Gr de agua (GrA) = ART x DA  
 GrA = 4,591 m<sup>3</sup>/día x 1,000 litros/m<sup>3</sup> x 1 kg/litro x 1000 gr/kg = 4,591 x 10<sup>6</sup> gr  
 Gr de Azúcar (GrAz) = AP / (DZ x % TP)  
 GrAz = 565 ton/año / (180 días/año x 11.16%) x 10<sup>6</sup> gr/ton = 28.1262 x 10<sup>6</sup> gr  
 Ppm de Azúcar en la torre (PpmAT) = GrAz / (GrA + GrAz) x 10<sup>6</sup>  
 PpmAT = 28.1262 x 10<sup>6</sup> gr / (4591.88 x 10<sup>6</sup> gr + 28.1262 x 10<sup>6</sup> gr) x 10<sup>6</sup> = 6,088  
 DBO = ppm AT x (1 ppm DBO / 0.833 ppm azúcar) DBO = 6,088 ppm azúcar x (1 ppm DBO / 0.833 ppm azúcar) = 7,309 ppm

#### Cálculo del combustible utilizado como vapor en molinos evaporación y tachos de crudo por azúcar perdida en derrames:

Se considera que toda el azúcar se pierde en forma de licor decolorado y que, de acuerdo al balance de materiales, se producen 1,426 ton de licor decolorado por cada 6,500 ton de caña; 21% de eficiencia de conversión.  
 Consumo de vapor por ton de caña (VPTC) = 493.4 kg de vapor de escape por tonelada de caña.  
 Índice de energía térmica en molienda de caña (IETM) = 126.11 kg vapor/ton de caña.  
 Índice de emisiones (IE) = 0.07 ton de CO<sub>2</sub>/Gjoule.  
 Poder calorífico inferior (PCI) del combustible = 40,793 KJ/kg  
 Entalpía del vapor sobrecalentado (h<sub>v</sub>) @ 2,215 kg/cm<sup>2</sup> = 3,123.34 KJ/kg.  
 Entalpía del agua de alimentación (h<sub>a</sub>) @ 38°C = 159.17 KJ/litro de combustible.  
 Eficiencia promedio de las calderas (h) = 63.39%  
 Caña por licor decolorado (CLD) = AP x (6,500 ton de caña / 1,426 ton de licor)  
 CLD = 565 ton x (6,500 ton / 1,426 ton) = 2,575 ton

Vapor consumido en molinos (VCM) = CLD x IETM  
 VCM = 2,575 ton x 126.11 kg<sub>vapor</sub>/ton<sub>caña</sub> = 324,733 kg<sub>vapor</sub>/año

Vapor consumido en evaporación y tachos (VCET) = CLD x VPTC  
 VCET = 2,575 x 493.4 kg vapor/ton de caña = 1,270,505 kg<sub>vapor</sub>/año

Vapor consumido (VCT) = VCM + VCET  
 VCT = 324,733 kg/año + 1,270,505 kg/año = **1,595,238 kg/año**

Energía Secundaria (ES) = VCT x (h<sub>2</sub> - h<sub>1</sub>)  
 ES = 1,595,238 kg/año x (3,123.34 - 159.17) KJ/kg = **4,728,556,622 KJ/año**

Energía Primaria (EP) = ES / (PCI x h)  
 EP = 4,728,556,622 KJ/año / (40,793 KJ/litro x 63%) = **183,993 litros de combustóleo/año**

Emisiones de CO<sub>2</sub> (ECO<sub>2</sub>) = VCT x PC x IE = 1,595,238 kg x 43,953 KJ/kg x 1 GJ/10<sup>6</sup> KJ x 0.07 ton<sub>CO2</sub>/GJ = **4,908 ton de CO<sub>2</sub>**

**Ahorro en consumo de químicos en azúcar perdida**  
 Considerando un ahorro en costos de productos químicos empleados en azúcar perdida, tomando como base 2.575 ton de caña (CPQ) = \$9,336

**Cálculo de los Beneficios Económicos**  
**Cálculo de los ahorros económicos por azúcar perdida:**  
 Costo del azúcar (CA) = \$4,300 / ton  
 Participación para el Ingenio (PPI) = 43%  
 Costo de combustóleo (CC) = 1.23\$/litro  
 Ahorro en azúcar (AHA) = AR x CA x PPI  
 AHA = 488 ton x 4,300 \$/ton x 0.43 = \$902,312

**Cálculo de los ahorros económicos en combustóleo:**  
 Combustóleo empleado en azúcar perdida (CAP) = 183,993 litros  
 Ahorro en combustóleo (ACU) = CAP x CC  
 ACU = 183,993 litros x 1.23 \$/litro = \$222,632

**Cálculo de los ahorros totales por disminución de impurezas:**  
 Ahorro Económico Total (AET) = AHA + ACU + CPQ  
 AET = 902,312 + 222,632 + 9,336 = **\$1,133,960**

**INVERSIÓN NECESARIA:** Considerando el costo unitario del control de nivel de ~\$5,000 y para costo del control de flujo de ~\$20,00; se tendría una inversión de ~\$40,000.

**PERÍODO SIMPLE DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** De acuerdo con los ahorros económicos que se pueden obtener con la aplicación de esta medida, y considerando la inversión requerida, el período simple de retorno de la inversión es menor a un mes.

#### MEDIDA NO. 4: EVITAR ARRASTRES DE AZÚCAR

**SITUACIÓN PREVIA:** Dentro de las causas de pérdidas indeterminables de azúcar se encuentra el arrastre de

producto en tachos. Por lo regular, estos arrastres se presentan cuando se rompe la mampara *antiarrastres* (malla metálica); la solución de azúcar es arrastrada hacia la ruptura y sale de allí a los condensadores. Otra causa de estos arrastres son las fallas operativas.

**RECOMENDACIÓN:** Para evitar y solucionar esta problemática, se recomienda la instalación de controladores de nivel con alarma para detectar los posibles derrames por el equipo o por causas operativas.

#### Ejemplo 4: Estimación del ahorro logrado al evitar el arrastre de azúcar

##### Suposición:

Se calculará una corrida con una concentración de 0.2 % Brix en el agua de la torre de enfriamiento (C)  
 Agua limpia de reposición a la torre (ART) = 4,591.88 m<sup>3</sup>/día = 4591.88 x 10<sup>6</sup> gr/día  
 Densidad del agua (DA) = 1 kg/litro  
 De acuerdo a Chen, la DBO de los carbohidratos está en relación de 1ppm de DBO = 0.833 ppm de carbohidrato.  
 Eficiencia de fábrica (EF) = 86.287%  
 Azúcar perdida (AP) = ART x DA x C  
 AP = 4,591.88 m<sup>3</sup>/día x 1,000 litros/m<sup>3</sup> x 1 kg/litro x 0.2% = 9,184 kg / día = 9.184 x 10<sup>6</sup> gr azúcar  
 Azúcar recuperable (AR) = AP x EF  
 AR = 9,184 kg x 0.86287 = **7,925 kg**  
 Masa de agua (MA) = ART x DA  
 MA = 4,591.88 m<sup>3</sup>/día x 1,000 litros/m<sup>3</sup> x 1 kg/litro x 1000 gr/kg = 4,591.88 x 10<sup>6</sup> gr  
 Ppm de azúcar en la torre (PpmAT) = AP / (ART + AP) x 10<sup>6</sup>  
 PpmAT = 9.184 x 10<sup>6</sup> gr / (4591.88 x 10<sup>6</sup> gr + 9.184 x 10<sup>6</sup> gr) x 10<sup>6</sup> = 1.996  
 DBO = PpmAT x (1 ppm DBO / 0.833 ppm azúcar)  
 DBO = 1,996 ppm azúcar x (1 ppm DBO / 0.833 ppm azúcar) = 2,396 ppm

**Cálculos de los ahorros económicos por azúcar recuperable perdida:**  
 Costo del azúcar (CA) = \$4,300 / ton  
 Días zafra (DZ) = 180  
 % tiempo perdido (TP) = 11.16%  
 Ahorro Económico Total (AET) = AR x CA x DZ x TP  
 AET = 7,925 ton/día x 4,300 \$/ton x 180 días x 11.16% = **\$684,549**

**INVERSIÓN NECESARIA:** El costo unitario por control de nivel con alarma es de \$500; la inversión total requerida sería de ~\$80,000.

**PERÍODO SIMPLE DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** De acuerdo a los ahorros económicos estimados y la inversión requerida, ésta se recuperaría en ~2 meses.

COMENTARIOS: Todos los análisis tomados en cuenta se realizaron en la piscina de la torre de enfriamiento, ya que no existía ningún parámetro directo para calcular las pérdidas, como un análisis en el agua de los condensadores. Por lo anterior, lo que se hizo fue calcular la cantidad de azúcar necesaria para concentrar el agua nueva de alimentación a la torre al nivel de los análisis.

### MEDIDA NO. 5: IMPLANTAR UN SISTEMA DE CONTROL DE DEXTRANAS

SITUACIÓN PREVIA: Uno de los problemas más comunes de pérdida de *sacarosa* en los ingenios es causado principalmente por un microorganismo llamado *Leuconostoc Mesenteroides*, que produce la enzima *dextranosacarosa*, promoviendo la polimerización de la dextrosa en polisacáridos llamados *dextranas*. Debido a que el *Leuconostoc Mesenteroides* se alimenta de la *sacarosa* de la caña y que vive en la tierra de cultivo, el mismo representa, si no se le controla adecuadamente, un agente potencial de grandes pérdidas de azúcar. Asimismo, el *dextrana*, que es un polímero de glucosa, lineal y de alto peso molecular, ocasiona problemas en el proceso, tales como: pérdidas en el rendimiento de jugo, baja recuperación, incremento en la viscosidad y en la pureza de las melazas, dificultades en la filtración y distorsión de los cristales, entre otros.

Aun con los graves problemas que ocasiona este microorganismo, en ocasiones se realizan algunos análisis y pruebas, pero no se cuenta con una técnica bien definida ni con un control establecido para el *Leuconostoc Mesenteroides*.

Con la finalidad de mejorar el control de *bacterias* y sus efectos, se agrega un *biocida*. La dosificación de este *biocida* se realiza basándose en los azúcares reductores, pero no se tiene una medición directa, como *dextranas*, para controlar adecuadamente esta bacteria.

RECOMENDACIÓN: De acuerdo a lo anterior, es conveniente implantar un sistema de control para evitar las pérdidas de azúcar por el *Leuconostoc Mesenteroides*, mediante la realización de un análisis de *dextranas* en puntos estratégicos del proceso, tomando en cuenta lo siguiente: caña en campo, caña en batey, jugo residual, jugo mezclado, jugo pesado, miel final y azúcar. Esto permitirá controlar adecuadamente la proliferación de las *bacterias*, ya que se tendrá una relación directa de los *dextranas* en caña y del azúcar perdida.

### RESULTADOS

#### Ejemplo 5: Estimación del ahorro de azúcar logrado con la implantación de un control de dextranas

##### Suposición:

##### Cálculo de la concentración de dextranas producidos durante la molienda

Se considera que el nivel de *dextranas* llega al Ingenio con una concentración de *dextranas* de 100 ppm. y que puede aumentar hasta 800 ppm. antes de aplicar el nuevo producto químico.

$$\text{Dextranas producidos} = \text{Dextranas}_{\text{caña en campo}} - \text{Dextranas}_{\text{jugo mezclado}} = 800\text{ppm} - 100\text{ppm} = 700\text{ppm}$$

Se considera un peso molecular promedio de los *dextranas* de 1,000,000<sup>3</sup>

A manera de ejemplo, se realiza un cálculo de las pérdidas de *sacarosa*, tomando como base una concentración de 100.

##### Cálculo de pérdidas de sacarosa por 100 ppm de concentración de dextrana

Concentración de *dextranas* (CD) = 0.1 kg *dextrana*/ton J. Mezclado

Caña estimada para molienda (CM) = 1,400,000 ton

Extracción de jugo mezclado % caña (EJ) = 97.435

$$n = \frac{\text{PM}_{\text{dextranas}}}{\text{PM}_{\text{radical dextranas}}} \\ n = 1,000,000/164 = 6098$$

Jugo Mezclado (JM) = CM x % EJ

$$\text{JM} = 1,400,000 \text{ ton} \times 0.97435 = 1,128,958 \text{ ton}$$

Dextranas en J. Mezclado (DJM) = CD x JM

$$\text{DJM} = 0.1 \text{ kg}_{\text{dextranas}}/\text{ton}_{\text{J.M.}} \times 1,128,958 \text{ ton}_{\text{J.M.}} = 112,896 \text{ kg}_{\text{dextranas}}$$

Moles de *dextranas* (MD) =  $\frac{W_{\text{dextranas}}}{\text{PM}_{\text{dextranas}}}$

$$\text{MD} = 112,896/1,000,000 = 0.113 \text{ kmol}$$

De acuerdo a la reacción:

Moles de *sacarosa* (MS) = MD x n

$$\text{MS} = 0.113 \times 6098 = 689.074 \text{ kmol}$$

Sacarosa perdida en *dextranas* (SPD) = MS x PM

$$\text{SPD} = 689.074 \text{ kmol} \times 342 = 235,663 \text{ kg}$$

##### Cálculo de pérdidas de azúcar aprovechable por 100 ppm de concentración de dextrana

Eficiencia de fábrica (EF) = 86.287%

Azúcar perdida (AP) = SPD x EF

$$\text{AP} = 235,663 \text{ kg} \times 0.86287 = 203,347 \text{ kg}$$

**Ahorros económicos por pérdidas de azúcar como dextranas a una concentración de 100 ppm**

Costo del azúcar CA = 4,300 \$/ton

Ahorro Económico Total (AET) = AP x CA

AET = 203,347 ton x 4,300 \$/ton = **\$874,392**

## MEDIDAS ENFOCADAS A LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA

### MEDIDA NO. 6: ELIMINAR FUGAS DE VAPOR

**SITUACIÓN PREVIA:** Dentro de los sistemas de distribución de vapor de los ingenios, se pueden encontrar diferentes presiones de vapor en las líneas. Las principales presiones que se manejan son 25 kg/cm<sup>2</sup>, 6 kg/cm<sup>2</sup> y 1.8<sup>4</sup> kg/cm<sup>2</sup>, las cuales corresponden a las presiones de generación de vapor, vapor de extracción (vapor que se genera en los evaporadores), y vapor de escape (escape de turbinas) respectivamente.

Con frecuencia se encuentra que las válvulas para desfogue se operan incorrectamente. También es común que las válvulas de equipos o de líneas de distribución no operen adecuadamente y propicien fugas de vapor.

Lo anterior provoca un desperdicio de energía térmica, que se ve reflejado en el uso de combustible para generar el vapor fugado y provoca mayores costos de producción por altos consumos de combustible, los cuales se pueden evitar.

**RECOMENDACIÓN:** Eliminar las fugas de vapor que se presentan en las válvulas de equipos y líneas de distribución, así como llevar a cabo la correcta operación de las válvulas de desfogue, para lo cual primero se debe realizar una inspección en todas las líneas de distribución, con el objeto de identificar dichas fugas e incluir su reparación en el programa de mantenimiento.

### RESULTADOS

**Consideraciones:** Para evaluar la pérdida de energía por fugas de vapor, se utiliza como ejemplo la fuga identificada en la tubería de condensados de la línea de vapor a molinos.

#### Ejemplo 6: Estimación del ahorro logrado por la eliminación de fugas de vapor

##### Suposición:

Horas de Operación (HO) = 3,264 horas  
 Entalpía del agua a 37°C (ha) = 154.95 kJ/kg  
 Entalpía del vapor (hv) = 3,237.5 kJ/kg  
 Eficiencia de Generación de Vapor (EG) = 75.62%  
 Poder calorífico del combustible (PC) = 43,162 kJ/litro  
 Precio del combustible (CC) = 1.23 \$/l  
 Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> (FECO<sub>2</sub>) = 0.07 ton/GJ<sub>combustible</sub>

El flujo de vapor fugado se determina como:

$$\text{Vapor que se fuga} = \frac{0.8 \times 0.4118 \times 3.1416}{4} \times \left[ \frac{D}{25.4} \right]^2 \times (P \times 14.502) \times 0.45$$

$$[1.8 \times (t + 273.15)]^{0.5}$$

donde:

Diámetro de fuga de vapor (D) = 8 mm  
 Presión del vapor en la línea (P) = 25 bar  
 Temperatura del vapor en la línea (T) = 400 °C

$$\text{Vapor que se fuga} = \frac{0.8 \times 0.4118 \times 3.1416}{4} \times \left[ \frac{8}{25.4} \right]^2 \times (26 \times 14.502) \times t$$

$$[1.8 \times (400 + 273.15)]^{0.5}$$

Vapor que se Fuga (VF) = 0.126113588 kg/s

VF = (0.126113588 kg/s) × (3,600 s/h) × (3,264 h/año)  
 VF = 1,481,885 kg/año.

##### Cálculo del ahorro de energía que se obtendría:

$$\text{Ahorro de energía anual} = (\text{Flujo de vapor}) \times (\text{entalpía del agua caliente o vapor} - \text{entalpía del agua de alimentación})$$

Ahorro de Energía Anual (AEA) = (1,481,885 kg/año) × (3,237.5 kJ/kg - 154.95 kJ/kg)  
 AEA = 4,567,984,607 kJ/año

##### Cálculo de ahorro por consumo de energía primaria:

Ahorro por Consumo = AEA  
 EG

4 Presiones promedio registradas durante la época de zafra.

Ahorro por Consumo (APC) = 4,567,984,607 kJ/año/0.7562  
 APC = **6,040,709,610 kJ/año**

Que, en términos de consumo de combustible, es de:

Ahorro de Combustible al Año (ACA) = APC / PC

ACA = (6,040,709,610 kJ/año)/(43,162 kJ/l)  
 ACA = **139,954 litros/año**

#### Cálculo del ahorro económico

Ahorro Económico Total (AET) = ACA x CC  
 AET = (139,954 l/año)(1.23 \$/litro) = **172,143 \$/año**

#### Cálculo de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

Reducción de CO<sub>2</sub> (RECO<sub>2</sub>) = APC x FECO<sub>2</sub>  
 RECO<sub>2</sub> = 6,040 GJ/año x 0.07 ton/GJ = **423 ton/año**

### MEDIDA NO. 7: CAMBIAR TRAMPAS DE VAPOR

**SITUACIÓN PREVIA:** La existencia de trampas para vapor en malas condiciones ocasiona que se esté fugando vapor vivo hacia la línea de condensados o que se drene a la atmósfera por falta de trampas para recuperar condensados. Estas trampas para vapor se encuentran en operación durante todo el periodo de zafra, excepto durante los paros de planta. Esto representa entre 160 a 180 días por año.

**RECOMENDACIÓN:** Sustituir las trampas de vapor que se encuentran operando en forma inadecuada para evitar la fuga de vapor vivo. Asimismo, colocar trampas en las líneas donde haga falta.

**CONSIDERACIONES:** Para la evaluación energética de las trampas para vapor, únicamente se consideran las que están fallando al estar abiertas, o bien los casos donde no se cuenta con trampas para vapor.

#### Ejemplo 7: Estimación del ahorro logrado por la sustitución de trampas de vapor

##### Suposición:

Como ejemplo se presenta la evaluación de la energía perdida por la operación de una trampa dañada ubicada en la turbina de un ventilador de tiro inducido. (Ver Medida No.6).

#### Cálculo del flujo de vapor fugado :

Donde:

Diámetro de fuga de vapor D = 1.14 mm  
 Presión del vapor en la línea P = 22 bar  
 Temperatura del vapor en la línea T = 76.85 °C

Vapor que se Fuga (VF) = 0.00225217 kg/s

En términos anuales, la fuga de vapor asciende a:  
 0.00225217 kg/s x 3,600 s/h x 3,840 h/año =  
 = **31,134 kg/año**

#### Cálculo del ahorro de energía anual(AEA):

AEA = 31,134 kg/año x (3,132.3kJ/kg - 154.95kJ/kg)  
 AEA = **92,696,809.18 kJ/año**

#### Cálculo del ahorro por consumo de energía primaria (ACEP):

Ahorro por Consumo (APC) = 92,696,809.18 kJ/kg / 0.6339  
 APC = **146,232,543 kJ/año**

ACA = (146,232,543 kJ/año)/(40,793 kJ/litro)

ACA = **3,584.74 l/año**

#### Cálculo del Ahorro Económico Total

AET = (3,584.74 l/año)(1.23 \$/litro) = **4,337.54 \$/año**

#### Cálculo de la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>

RECO<sub>2</sub> = **10.24 ton/año**

En función de la inspección efectuada a las instalaciones de un Ingenio, el beneficio económico derivado de la sustitución de trampas de vapor dañadas asciende a **35,670 \$/año**

Con la reducción en el consumo de combustible se obtendrá una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> por **83 toneladas al año**.

**INVERSIÓN NECESARIA:** La aplicación de esta medida implica comprar 7 trampas *termodinámicas* de acero inoxidable, con una inversión de ~\$19,000.

**PERÍODO SIMPLE DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** Considerando el beneficio económico, la inversión se recuperaría en aproximadamente 6 meses.

### MEDIDA NO. 8: COLOCAR AISLAMIENTO TÉRMICO EN TUBERÍAS DESNUDAS

**SITUACIÓN PREVIA:** En las instalaciones de los ingenios, a menudo existen tramos de tubería de la red de distribu-

ción de vapor o agua caliente que no cuentan con aislamiento térmico o que están dañados. Esta situación ocasiona pérdidas de energía térmica hacia el medio ambiente e incluso incrementa la temperatura ambiente en las áreas de trabajo donde éstas se ubican, ya que la temperatura de superficie de la tubería normalmente se encuentran por arriba de los 85°C, llegando hasta los 300°C.

**RECOMENDACIÓN:** Colocar aislamiento térmico en los tramos de tubería desnuda, tanto de vapor como de agua caliente y sustituir el que se encuentra dañado.

**RESULTADOS**

**Consideraciones:** Para la evaluación de esta medida de ahorro energético se realizó una comparación entre las características de operación sin aislamiento y con aislamiento, de tal forma que la diferencia de resultados en ambas circunstancias arroja el ahorro que se tendrá por aislar las líneas de distribución de vapor y agua caliente.

**Ejemplo 8: Estimación del ahorro logrado por la instalación de aislamiento térmico en tuberías desnudas**

**Suposiciones:**

A continuación se realizarán los cálculos para evaluar las pérdidas de energía en una tubería sin aislar. Con un diámetro de 0.1774 m de acero al carbón.

Para realizar la evaluación se deben seguir los siguientes pasos:

**Consideraciones:**

Temperatura ambiente (TA) = 38°C

Constante de transferencia de calor del aislante (k) = 0.34 W/mK

Emisividad del material aislante (Emiss) = 0.75

**a) Cálculo del diámetro que tendrá la tubería junto con el aislante.**

$$d_a = d_o + (2 \times esp)$$

Donde:

$d_a$  = diámetro de la tubería con aislamiento, m

$d_o$  = diámetro de la tubería desnuda, m

esp = espesor del material aislante, m

Para la tubería antes de aislar

$$d_a = 0.1778$$

Para la tubería después de aislar

$$d_a = 0.1778 + (2 \times 0.0762) = 0.3302 \text{ m (tubería aislada)}$$

**b) Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor por convección natural y forzada.**

$$h_c = 27241 \times C \times (d_a, d_o)^{-0.2} \times [1.11 / (t_{sup} + t_a - 510.44)]^{0.181} \times [1.8 \times (t_{sup} - t_a)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times V)^{0.5}$$

Donde:

$h_c$  = coeficiente de transferencia por convección.

C = coeficiente de forma, 1.016 para tuberías.

$t_{sup}$  = temperatura de la superficie del tubo (cuando no se tiene aislamiento) o la temperatura del aislante (una vez aislada la tubería), K

$t_a$  = temperatura ambiente, K

V = velocidad del viento, cuando se trata de tuberías en el exterior.

**i) para la tubería desnuda**

$$h_c = 2.7241 \times 1.016 \times (0.1778)^{-0.2} \times [1.11 / (504.15 + 311.15 - 510.44)]^{0.181} \times [1.8 \times (504.15 - 311.15)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times 0)^{0.5}$$

$$h_c = 6.71 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

**ii) para la tubería con aislamiento** ( $t_{sup}$  va a ir cambiando de valor según el número de iteraciones que se vayan requiriendo. En esta primera iteración se toma la temperatura de la tubería desnuda y en la siguiente operación se colocará el valor que se tenga de  $t_{sc}$ , la cual se explica más adelante)

$$h_c = 2.7241 \times 1.016 \times (0.3302)^{-0.2} \times [1.11 / (504.15 + 311.15 - 510.44)]^{0.181} \times [1.8 \times (504.15 - 311.15)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times 0)^{0.5}$$

$$h_c = 4.85 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

**c) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación.**

En la primera iteración, como la  $t_{sup}$  es la misma que la de la tubería sin aislar,  $h_r$  será la misma para ambos casos. Después de la primera iteración los valores de  $t_{sup}$  irán variando para la evaluación ya con aislamiento.

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \times E_{miss} \times [(t_a^4 - t_{sup}^4) / (t_a - t_{sup})]$$

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \times 0.75 \times [(311.15^4 - 504.15^4) / (311.15 - 504.15)]$$

$$h_r = 2.22 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

**d) Cálculo del coeficiente global de transferencia**

$$h_s = h_c + h_r$$

i) para la tubería antes de aislar

$$h_s = 6.71 + 2.22 = 8.93 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

ii) para la tubería con aislamiento

$$h_s = 4.85 + 2.22 = 7.07 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

#### e) Cálculo del flux de calor

$$q = [p \times (t_{sup} - t_a)] / [1/(2 \times k_{ais}) \times \ln(d_a/d_o) + 1/(h_s \times d_a)]$$

Donde:

$k_{ais}$  = coeficiente de conductividad térmica del aislante, W/mK

i) para la tubería desnuda  $d_a = d_o$

$$q = [p \times (504.15 - 311.15)] / [1/(8.93 \times 0.1778)]$$

$$q = 962.48 \text{ W/m}$$

ii) para la tubería ya con aislamiento

$$q = [p \times (504.15 - 311.15)] / [1/(2 \times 0.34) \times \ln(0.3302 / 0.1778) + 1/(7.07 \times 0.3302)]$$

$$q = 452.92 \text{ W/m}$$

En este punto ya es posible notar que el flujo de calor en la tubería aislada es menor al flujo de la tubería desnuda.

#### f) Verificación de la temperatura de superficie con aislamiento

$$t_{sc} = t_{op} - [q / (2 \times p \times k_{ais})] \times \ln(d_a/d_o)$$

Donde:

$t_{op}$  = temperatura de la superficie de la tubería sin aislamiento

$$t_{sc} = 504.15 - [452.92 / (2 \times p \times 0.34)] \times \ln(0.3302 / 0.1778)$$

$$t_{sc} = 372.9 \text{ K}$$

#### g) Convergencia de la temperatura $t_{sc}$ con la temperatura de la superficie de la tubería que ya tiene aislamiento.

Si la temperatura  $t_{sc}$  es igual a la temperatura de la superficie  $t_{sup}$ , las pérdidas de energía en la tubería aislada serán iguales a la "q" calculada en el inciso "ii" del paso "e", y la temperatura que se tendrá en la superficie del aislante será  $t_{sc}$ .

Si no coinciden, como es el caso aquí,  $t_{sup} = 504.15$  y  $t_{sc}$

= 372.9, ahora  $t_s$  tomará el valor de  $t_{sc}$  y se repetirán los pasos desde el "a" hasta el "g", únicamente para la tubería ya aislada, pues el análisis para la tubería desnuda ya no varía.

Después de varias iteraciones, el valor de temperatura  $t_{sc}$  es 324.65 K y el valor de "q" es de 61.95 W/m

Haciendo la resta de flujo de calor con la tubería sin aislar y con aislamiento se obtiene:

$$q = 962.48 \text{ W/m} - 61.95 \text{ W/m} = 900.53 \text{ W/m}$$

Multiplicando este valor por la longitud de la tubería desnuda, por las horas de operación al año y por un factor de conversión, se obtienen los kJ que se ahorrarán si se aplica esta medida que consiste en aislar la línea.

$$\text{kJ} = 0.90053 \text{ kW/m} \times 25 \text{ m} \times 4,320 \text{ h/año} \times 3600 \text{ kJ/kWh}$$

$$\text{kJ} = 350,126,064 \text{ kJ/año}$$

Este valor se divide entre la eficiencia de generación de vapor para obtener la energía primaria.

$$\text{Energía Primaria} = 350,126,064 \text{ kJ/año} / 0.6339$$

$$\text{Energía Primaria} = 552,336,431.6 \text{ kJ/año}$$

Dividiendo este ahorro por el poder calorífico del combustible se obtienen los ahorros en litros de combustible al año.

$$552,336,431.6 \text{ kJ/año} / 40,793 \text{ kJ/litro} = 13,540 \text{ litro/año}$$

Con el aislamiento de todas las tuberías que conducen vapor y agua caliente se obtendrá un ahorro de **135,191 litros de combustible al año**, cuyo costo representa **\$163,582 al año**. Adicionalmente, se reducirá la emisión de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera en **386 toneladas por año**.

**INVERSIÓN NECESARIA:** La inversión requerida para llevar a cabo esta medida es aproximadamente de \$100,000, la cual incluye el costo del aislamiento para 600 m de tubería.

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** Considerando el ahorro económico que se tendrá por el hecho de aislar térmicamente las tuberías desnudas, el período simple de recuperación de la inversión resulta ser de 7 meses.

#### MEDIDA NO. 9: COLOCAR AISLAMIENTO TÉRMICO EN LAS TURBINAS DE LA PLANTA ELÉCTRICA

**SITUACIÓN PREVIA:** En algunos casos, los *turbogeneradores* no cuentan con aislamiento térmico para la turbina, lo que propicia una pérdida de energía que se disipa hacia el medio ambiente. Esto ocasiona que las condiciones

ambientales sean extremas (altas temperaturas) e inseguras, para el personal que labora en la planta eléctrica.

**RECOMENDACIÓN:** Colocar aislamiento térmico en las turbinas de los generadores eléctricos de la planta eléctrica, donde se carezca de él.

**RESULTADOS**

**Consideraciones:** Para la evaluación de esta medida de ahorro energético, se realizó una comparación entre las características de operación sin aislamiento y con aislamiento, de tal forma que la diferencia de resultados en ambas circunstancias arroja el ahorro que se tendrá por aislar correctamente las turbinas de la planta eléctrica.

**Ejemplo 9: Estimación de los ahorros logrados por la instalación de aislamiento térmico en las turbinas de la planta eléctrica**

**Suposiciones:**

Para realizar los cálculos de esta medida se consideraron los siguientes parámetros:

Constante de transferencia de calor del aislante k: 0.34 W/mK

Emisividad del material aislante (Emiss) = 0.75

Eficiencia de generación de vapor: 63.39%

a) Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor por convección natural y forzada.

$$h_c = 3.0075 \times C \times [1.11 / (t_{sup} + t_a - 510.44)]^{0.181} [1.8 \times (t_{sup} - t_a)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times V)^{0.5}$$

Donde:

$h_c$  = coeficiente de transferencia por convección.

$C$  = coeficiente de forma, 1.79 para superficies planas.

$t_{sup}$  = temperatura de la superficie (cuando no se tiene aislamiento) o la temperatura del aislante (una vez aislado el tanque), K

$t_a$  = temperatura ambiente, K

$V$  = velocidad del viento cuando se trata de tanques en el exterior.

Sustituyendo valores tenemos:

$$h_c = 3.0075 \times 1.79 \times [1.11 / (410.15 + 311.15 - 510.44)]^{0.181} \times [1.8 \times (410.15 - 311.15)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times 0)^{0.5} = 8.27 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

b) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación.

Para la superficie sin aislar (Emiss) = 0.79

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \times \text{Emiss} \times [(t_a^4 - t_{sup}^4) / (t_a - t_{sup})]$$

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \times 0.79 \times [(311.154^4 - 410.154^4) / (311.15 - 410.15)] = 1.48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Para la superficie con aislamiento (Emiss = 0.75)

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \times \text{Emiss} \times [(t_a^4 - t_{sup}^4) / (t_a - t_{sup})]$$

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \times 0.75 \times [(311.154^4 - 410.154^4) / (311.15 - 410.15)] = 1.41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

c) Cálculo del coeficiente global de transferencia

i) Para la superficie sin aislar

$$h_s = h_c + h_r$$

$$h_s = 8.27 + 1.48 = 9.75 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

ii) Para la superficie con aislamiento

$$h_s = h_c + h_r$$

$$h_s = 8.27 + 1.41 = 9.68 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

d) Cálculo del flux de calor

$$q = (t_{sup} - t_a) / [(esp/k_{ais}) + (1/h_s)]$$

Donde:

$k_{ais}$  = coeficiente de conductividad térmica del aislante, W/mK

Para el tanque sin aislar ( $esp/k_{ais}$ ) = 0

$$q = (410.15 - 311.15) / (1/9.75)$$

$$q = 965.22 \text{ W/m}^2$$

Para la superficie ya con aislamiento

$$q = (410.15 - 311.15) / [(0.0508/0.34) + (1/9.68)]$$

$$q = 391.74 \text{ W/m}^2$$

En este punto ya se puede ver que el flujo de calor en la superficie aislada es menor al flujo de la superficie desnuda.

e) Verificación de la temperatura de superficie con aislamiento (únicamente se verificará para la superficie ya con aislamiento).

$$t_{sc} = t_a + (q/h_s)$$

$$t_{sc} = 311.15 + (391.74/9.68)$$

$$t_{sc} = 351.62 \text{ K}$$

f) Convergencia de la temperatura  $t_{sc}$  con la temperatura de la superficie ya con aislamiento.

Si la temperatura  $t_{sc}$  es igual a la temperatura de la superficie  $t_{sup}$ , las pérdidas de energía en el tanque aislado serán iguales a la "q" calculada en el inciso "ii" del paso "d" y la temperatura que se tendrá en la superficie del aislante será  $t_{sc}$ .

Si no coinciden, como es el caso aquí,  $t_{sup} = 410.15$  y  $t_{sc} = 351.62$ , ahora  $t_s$  tomará el valor de  $t_{sc}$  y se repetirán los pasos desde el "a" hasta el "f", únicamente para la superficie ya aislada, pues el análisis para la superficie desnuda ya no varía.

Después de varias iteraciones, el valor de temperatura  $t_{sc}$  es  $321.18$  K y el valor de "q" es de  $59.55$  W/m<sup>2</sup>

Haciendo la resta de flujo de calor sin aislar y con aislamiento se obtiene:

$$q = 965.22 \text{ W/m}^2 - 59.55 \text{ W/m}^2 = 905.67 \text{ W/m}^2$$

Multiplicando este valor por el área a aislar, que para cada una de las turbinas es de  $2.02$  m<sup>2</sup>, por las horas de operación al año y por un factor de conversión, se obtienen los kJ que se ahorrarían por aislarla.

$$kJ = 0.90567 \text{ kW/m}^2 \times 2.02 \text{ m}^2 \times 4320 \text{ h/año} \times 3600 \text{ kJ/kWh} \\ = 28,451,659.28 \text{ kJ/año}$$

Dividiendo entre la eficiencia de generación de vapor, se obtiene la cantidad de energía primaria que se ahorra.

$$\text{Energía primaria} = 28,451,659.28 \text{ kJ/año} / 0.6339 = \\ 44,883,513.61 \text{ kJ/año}$$

Dividiendo este ahorro por el poder calorífico del combustible se obtienen los ahorros en litros de combustóleo al año.

$$\text{Ahorro en combustible} = 44,883,513.61 \text{ kJ/año} / 40,793 \text{ kJ/litro} \\ = 1,100.27 \text{ litro/año}$$

El ahorro económico se obtiene multiplicando los litros de combustible por el precio del mismo.

$$\text{Ahorro económico} = 1,10$$

$$0.27 \text{ litro/año} \times 1.21 \text{ \$/litro} = 1,332.38 \text{ \$/año}$$

La reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se obtiene es de:

$$\text{RECO}_2 = 3.14 \text{ ton/año}$$

Finalmente se tiene que, por el hecho de aislar correctamente todas las turbinas del Ingenio, se obtendrá un ahorro de  $3,303.43$  litros de combustible al año, cuyo costo representa  $3,997$ \$/año. Adicionalmente, se reducirá la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en  $\sim 9.43$  toneladas por año.

**INVERSIÓN NECESARIA:** Para aislar las turbinas se requiere de una inversión de  $\$4947.30$ , la cual incluye los siguientes materiales: colchoneta de lana mineral con una densidad de  $12$  lbs/ft<sup>3</sup> en  $2''$  de espesor cosida entre sí con metal desplegado por una cara y tela de gallinero por la otra, una cubierta de lámina de aluminio lisa cal. 24 y mano de obra para la instalación.

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** Tomando en cuenta el ahorro económico que se obtendrá por llevar a cabo esta medida de ahorro y los beneficios económicos que se obtienen, se espera un período simple de recuperación de  $1.2$  años.

### MEDIDA NO. 10: COLOCAR AISLAMIENTO TÉRMICO EN TANQUES

**SITUACIÓN PREVIA:** Otro punto potencial de ahorro de energía térmica en los ingenios se ubica en los tanques de almacenamiento de agua caliente y productos intermedios a alta temperatura que tienen dañado el aislamiento térmico o que carecen del mismo, ya que las temperaturas en su superficie se encuentran alrededor de los  $80$  °C. Esta situación provoca que la energía se disipe al medio ambiente.

**RECOMENDACIÓN:** Colocar aislamiento térmico en aquellos tanques de agua caliente y producto intermedio a alta temperatura que carezcan del mismo, así como reparar los que se encuentran deteriorados.

#### RESULTADOS

**Consideraciones:** Para la evaluación de esta medida de ahorro energético, se realizó una comparación entre las características de operación sin aislamiento y con aislamiento, de tal forma que la diferencia de resultados en ambas circunstancias arrojó el ahorro que se obtendrá por aislar los tanques de agua caliente y producto, a alta temperatura.

#### Ejemplo 10: Estimación de los ahorros logrados por la instalación de aislamiento térmico en tanques

Suposiciones:

Información técnica del aislamiento

Constante de transferencia de calor del aislante  $k = 0.34$  W/mK

Emisividad del material aislante (Emiss) =  $0.75$ .

Se procede con los pasos descritos en la medida "colocar aislamiento térmico en las turbinas de la planta eléctrica"

a) **Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor por convección natural y forzada.**

$$hc = 3.0075 \times 1.79 \times [1.11 / (361.15 + 311.15 - 510.44)]^{0.181} \times \\ [1.8 \times (361.15 - 311.15)]^{0.266} \times (1 + 7.9366 \times 10^{-4} \times 0)^{0.5} = 7.23 \\ \text{W/m}^2 \text{ K}$$

b) **Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación.**

i) Para la superficie sin aislar  
 $hr = 1.19 \text{ W/m}^2\text{K}$

ii) Para la superficie con aislamiento  
 $hr = 1.125 \text{ W/m}^2\text{K}$

**c) Cálculo del coeficiente global de transferencia**

i) Para la superficie sin aislar  
 $hs = 7.23 + 1.19 = 8.42 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

ii) Para la superficie con aislamiento  
 $hs = 7.23 + 1.125 = 8.355 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

**d) Cálculo del flux de calor**

para el tanque sin aislar (esp/kais) = 0  
 $q = (361.15 - 311.15) / (1/8.42)$   
 $q = 420.76 \text{ W/m}^2$

para la tubería ya con aislamiento  
 $q = (361.15 - 311.15) / [(0.0254/0.34) + (1/8.355)]$   
 $q = 257.20 \text{ W/m}^2$

**e) Verificación de la temperatura de superficie con aislamiento (únicamente se verifica para la superficie ya con aislamiento).**

$tsc = 341.93\text{K}$

**f) Convergencia de la temperatura tsc con la temperatura de la superficie ya con aislamiento.**

Después de varias iteraciones, el valor de temperatura tsc es 320.47 K y el valor de "q" es de 54.46 W/m<sup>2</sup>

Haciendo la resta de flujo de calor con la superficie sin aislar y con aislamiento se obtiene:

$q = 420.76 \text{ W/m}^2 - 54.46 \text{ W/m}^2 = 366.3 \text{ W/m}^2$

Multiplicando este valor por el área del tanque a aislar, por las horas de operación al año y por un factor de conversión, se obtienen los kJ que se ahorrarían por aislar la línea.

$\text{kJ} = 0.3663 \text{ kW/m}^2 \times 11.33 \text{ m}^2 \times 4320 \text{ h/año} \times 3600 \text{ kJ/kWh}$   
 $\text{kJ} = 64,543,583.81 \text{ kJ/año}$

Dividiendo entre la eficiencia de generación de vapor, se obtiene la cantidad de energía primaria que se ahorra.

Energía primaria = 101,819,819.9 kJ/año

Dividiendo este ahorro por el poder calorífico del combustible se obtienen los ahorros en litros de combustible al año.

$101,819,819.9 \text{ kJ/año} / 40,793 \text{ kJ/litro} = 2,496 \text{ litro/año}$

El ahorro económico se obtiene multiplicando los litros de combustible por el precio del mismo.

Ahorro económico = 2,496 litro/año x 1.21 \$/litro = 3,020.2 \$/año

La reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> se obtiene:

RECO<sub>2</sub> = 7.13 ton/año

Finalmente se tiene que, por el hecho de aislar los tanques, se obtendrá un ahorro de ~88,527.56 litros de combustible al año, cuyo costo representa ~107,118 \$/año. Adicionalmente, se reducirá la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en ~253 toneladas por año.

**INVERSIÓN NECESARIA:** Para aislar térmicamente los tanques con superficies calientes, se requiere de una inversión de \$50,668.68; este costo cubre colchonetas armadas de lana mineral de 0.61x1.22 m, necesarias para cubrir las superficies de los tanques.

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** Tomando en cuenta el ahorro económico que se obtendrá por llevar a cabo esta medida de ahorro y la inversión requerida, se espera un período simple de recuperación de 6 meses.

**MEDIDA NO. 11: REDUCIR LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR EL VAPOR DE DESFOGUE EN EL ÁREA DE FÁBRICA**

**SITUACIÓN PREVIA:** En el área de fábrica se consume vapor de escape (vapor que escapa de los equipos que requieren vapor *sobrecalentado*, como las turbinas de molinos, cuchillas, desfibradoras, etc.), el cual se encuentra a una presión de 1.3 kg/cm<sup>2</sup>. Esta demanda de vapor de escape está relacionada directamente con la operación de *pre- evaporadores* y tachos. Cuando coincide la carga de los tachos existe una demanda de vapor de extracción de *pre- evaporadores*, y éstos a su vez requieren de mayor vapor de escape. Caso contrario ocurre cuando coincide la descarga de los tachos. Bajo esta situación, al no requerirse el vapor de extracción en tachos, y, a su vez, vapor de escape en *pre evaporadores*, se procede a realizar un desfogue en la línea de vapor de escape.

**RECOMENDACIÓN:** Administrar correctamente la operación de los tachos, de tal manera que la descarga y la carga no coincidan en todos los equipos y evitar así los desfogues.

Para esta evaluación, sólo se realiza una estimación de la energía que se pierde por el desfogue del vapor.

## RESULTADOS

**Consideraciones:** Si se conoce el vapor total consumido por fábrica, se considera entonces, de acuerdo al balance de vapor, que el 45% del total de vapor de escape es empleado en los *pre- evaporadores*, es decir, ~ 244,225,800 kg de vapor (1,628,172 kg de vapor por día). Además, se estima un total de 1 h / semana de desfogue.

### Ejemplo 11: Estimación de los ahorros logrados por la reducción de las pérdidas de energía por el vapor de desfogue.

A continuación se presenta un ejemplo del calor desperdiciado por los desfogues de vapor en el área de fábrica.

## Datos:

Entalpía de agua de reposición a calderas a 38 °C ( $h_a$ ) = 159.17 kJ/kg  
 Entalpía de vapor de escape a una presión absoluta de 2.3 bar ( $h_{ve}$ ) = 2,713 kJ/kg  
 Eficiencia de Generación de Vapor (EGV) = 63.39%  
 Poder calorífico del combustible (PC) = 40,793 kJ/litro  
 Costo del Combustible (CC) = 1.21 \$/litro  
 Índice Térmico de Producción de CO<sub>2</sub> (ITCO<sub>2</sub>) = 0.0029 ton CO<sub>2</sub>/litro de combustible  
 Flujo de Vapor a Fábrica (FVF) = 1,628,172 kg/día x 1 día/24h = **67,841 kg/h**  
 Tiempo aprox. de Desfogue (TD) = 1h/semana x 22.86 semanas.

El flujo de vapor en el desfogue se calcula como sigue:

Flujo de vapor desfogue (FVD) = FVF \* TD  
 FVD = 67,841 kg/h \* 1 h/sem \* 22.86 sem/año  
 FVD = **1,550,845 kg de vapor /año**

## Cálculo de calor perdido en este flujo

Calor Perdido (CPer) = FVD \* ( $h_{ve} - h_a$ )

Donde:

$h_{ve}$  es la entalpía del vapor de escape a una presión absoluta de 2.3 bar.

$h_a$  es la entalpía del agua a T = 38 °C.

CPer = 1,550,845 kg/año \* (2,712.6143 - 159.17) kJ/kg  
 CPer = **3,959,996,325 KJ/año**

Lo cual, en términos de energía primaria, representa:

Pérdidas de energía primaria =  $\frac{\text{Calor perdido}}{\text{PCI}_{\text{combustible}} \times \text{Eficiencia de la caldera}}$

Pérdidas de energía primaria PEP =  $\frac{3,959,996,325 \text{ kJ/año}}{40,793 \text{ kJ/l} \times 0.6339}$

PEP = **153,140 litro/año**

En términos económicos, se tienen las siguientes pérdidas:

Pérdidas Económicas (PE) = PEP x CC

PE = 153,140 litros/año x 1.21 \$/litro

PE = **185,299 \$/año**

En caso de que se redujeran al máximo estos desfogues, se tendría una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> de:

RECO<sub>2</sub> = **444.10 tonCO<sub>2</sub>/año**

Las pérdidas actuales de energía, de acuerdo con las consideraciones realizadas, son de **~153,140 litros de combustible por año**, lo que representa una pérdida económica de **185,299 \$/año**.

En caso de reducir los desfogues al máximo, se tendría una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> de **444 ton/año**.

**INVERSIÓN NECESARIA:** Esta oportunidad de ahorro no requiere de inversión alguna, debido a que basta con administrar adecuadamente la operación de los tachos.

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** Este período resulta ser inmediato.

### MEDIDA NO. 12: REDUCIR LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN DEL COMPRESOR

**SITUACIÓN PREVIA:** Otra medida de ahorro se encuentra en la operación del compresor de aire. La temperatura ambiente del lugar donde se ubica dicho compresor es de 47°C, ello debido fundamentalmente al calor que se acumula durante el día y a la operación misma del compresor. Es sabido que el flujo de aire que entrega un compresor depende en gran medida de la temperatura del aire de admisión del mismo. Por tal motivo, es importante que el aire esté a temperatura ambiente, pues ello asegura que se entregue el máximo flujo posible. Bajo las condiciones actuales, el compresor maneja un volumen de aire comprimido inferior al de diseño.

**RECOMENDACIÓN:** Reubicar el compresor, de la posición que tiene actualmente a una en la cual la admisión de aire quede lo más cerca posible del exterior del cuarto; ello a fin de reducir la temperatura del aire de admisión.

## RESULTADOS:

**Consideraciones:** Para la evaluación de esta medida de ahorro de energía, se considera la información técnica del

flujo de aire entregado en función de la temperatura de diseño del aire de admisión.

La temperatura ambiente del cuarto del compresor es de 47°C (116.6°F), a la cual le corresponde un flujo del 62.12% del nominal. Si se reubica el compresor, de tal forma que éste aspire aire a temperatura ambiente, es decir 38°C (100°F), el compresor entregará el 100% del flujo nominal.

Por lo tanto, existe una diferencia de 37.88% entre el flujo que actualmente entrega y el que entregará cuando obtenga aire a temperatura ambiente.

**Ejemplo 12: Estimación de los ahorros logrados por temperatura del aire de admisión del compresor**

Suposiciones:

- Horas al año en Zafra (HZ) = 4,320 h/año
- Horas al año de Paro (HP) = 480 h/año
- Horas de Oper. del Compr. Con Carga (HOCC) = 3,840 h/año
- Tiempo que permanecería el compresor trabajando sin carga al aplicar la medida (TTC) = 37.88%
- Potencia del compresor con Carga (PCCC) = 112 kW
- Potencia del compresor sin Carga (PCSC) = 85 kW

Se calcula el consumo de energía bajo las condiciones actuales

$$\text{Consumo de Energía Actual (CEA)} = (\text{HOCC} \times \text{PCCC}) + (\text{HP} \times \text{PCSC})$$

$$\text{CEA} = (3,840 \text{ h/año} \times 112 \text{ kW}) + (480 \text{ h/año} \times 85 \text{ kW})$$

$$\text{CEA} = 470,880 \text{ kWh/año}$$

Una vez reubicado el compresor, el tiempo de operación con carga se reduciría en un 37.88%; sin embargo, la operación sin carga se incrementaría en el mismo porcentaje. Por lo tanto, el consumo de energía, una vez aplicada la medida de ahorro, es:

$$\text{Consumo de Energía Aplicada la Medida (CEAM)} =$$

$$\text{CEMA} = (\text{HOCC} \times \text{PCCC} \times (1 - 0.3788)) + (\text{HP} \times \text{PCSC}) + (\text{HOCC} \times \text{PCSC} \times 0.3788)$$

$$\text{CEMA} = (3,840 \text{ h/año} \times 112 \text{ kW} \times 0.6212) + (480 \text{ h/año} \times 85 \text{ kW}) + (3,840 \text{ h/año} \times 85 \text{ kW} \times 0.3788)$$

$$\text{CEMA} = 431,606 \text{ kWh/año}$$

Por lo que el ahorro por consumo es:

$$\text{Ahorro de Energía Eléctrica (AEE)} = \text{CEA} - \text{CEMA}$$

$$\text{AEE} = 470,880 \text{ kWh/año} - 431,606 \text{ kWh/año}$$

$$\text{AEE} = 39,274 \text{ kWh/año}$$

**Cálculo de energía primaria:**

Se obtiene multiplicando este ahorro por el equivalente primario de energía eléctrica necesario para producir un kWh en la planta de potencia del Ingenio

$$\text{Ahorro, energía primaria (AEP)} = \text{AEE} \times 10,011 \text{ kJ/kWh}$$

$$\text{AEP} = 39,274 \text{ kWh/año} \times 10,011 \text{ kJ/kWh}$$

$$\text{AEP} = 393,172,014 \text{ kJ/año}$$

Para traducir esto a litros de combustible ahorrados basta dividir la energía primaria por el poder calorífico del combustible:

$$\text{Ahorro de Combustible (Acomb)} = \text{AEP} / \text{PC}$$

$$\text{Acomb} = 393,172,014 \text{ kJ/año} / 40,793 \text{ kJ/litro}$$

$$\text{Acomb} = 9,638 \text{ litro/año}$$

Lo que representa un ahorro económico de:

$$\text{Ahorro Económico Total (AET)} = \text{Acomb} \times \text{CC}$$

$$\text{AET} = 9,638 \text{ litro/año} \times 1.21 \text{ \$/litro} = 11,662 \text{ \$/año}$$

$$\text{RECO}_2 = 27.5 \text{ ton CO}_2/\text{año}$$

**INVERSIÓN NECESARIA:** La aplicación de esta medida implica modificar la posición en la que actualmente se encuentra el compresor de tornillo. Ésta puede ser llevada a cabo por el personal de mantenimiento.

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** Dado que la inversión requerida para llevar a cabo esta medida es nula, el período de recuperación de la inversión es inmediato.

**MEDIDA NO. 13: OPTIMIZAR EL USO DE AIRE COMPRIMIDO**

**SITUACIÓN PREVIA:** Los compresores mencionados abastecen de aire comprimido el departamento de calderas, centrífugas y el resto de la planta para servicio de *sopleteo*. Ocasionalmente se observa que se desperdicia aire en algunos equipos con instrumentación neumática, puesto que las válvulas de drenado de condensados se dejan abiertas. Aunado a esta situación, se presentan fugas de aire en mangueras y uniones de las mismas, lo que incrementa el desperdicio. Cuando se dejan abiertas las válvulas de las mangueras de *sopleteo* después de haberlas utilizado, el aire comprimido se desperdicia completamente, lo cual demuestra que en este campo existen prácticas que se pueden corregir. Estas fugas de aire representan un consumo constante de energía eléctrica.

**RECOMENDACIÓN:** Eliminar las pérdidas de aire comprimido mediante la reparación de fugas de aire y la corrección de malas prácticas operativas.

**RESULTADOS**

*Consideraciones:* Para la evaluación de esta medida de ahorro energético, se realizó una inspección visual de las fugas de aire comprimido y se estimó el diámetro de las fugas encontradas.

**Ejemplo 13: Estimación de los ahorros logrados por la optimización en el uso de aire comprimido**

Suposiciones:

A manera de ejemplo, se tomará un registro de fuga de 10 mm de diámetros. Se considera que, por descuido del personal, la válvula se deja abierta el 10% de las veces en que es utilizada.

Potencia requerida para comprimir el aire que se fuga, dependiendo del tamaño del orificio de dicha fuga.

Diámetro del orificio(mm)	Potencia necesaria para la compresión(kW)
1	0.3
3	3.1
5	8.3
10	33.0

Cálculo del ahorro de energía por reparación de fugas:

Ahorro por Consumo de Energía (ACE) = Potencia de compresión (P Compresión) x Horas que permanece la válvula abierta (HVA) x Número de fugas (NF).

$ACE = 33 \text{ kW} \times 432 \text{ h/año} \times 1 = 14,256 \text{ kWh/año}$

Este valor es el ahorro en consumo de energía eléctrica. Dado que se requieren 10,011 kJ por cada kilowatt hora de energía eléctrica generado en la planta de potencia del Ingenio, el ahorro de energía primaria será de:

Ahorro de Energía Primaria (AEP) = ACE x 10,011J/kWh

$AEP = 14,256 \text{ kWh/año} \times 10,011 \text{ kJ/kWh} = 142,716,816 \text{ kJ/año}$

Dividido entre el poder calorífico del combustóleo:

Ahorro de Combustóleo (Acomb) = AEP / PC  
 $A_{comb} = 142,716,816 \text{ kJ/año} / 40,793 \text{ kJ/litro}$   
 $A_{comb} = 3,499 \text{ litro/año}$

Cálculo del ahorro económico resultado de la eliminación de las fugas de vapor.

Ahorro Económico Total (AET) = Acomb x CC

$AET = 3,499 \text{ litro/año} \times 1.21 \text{ \$/litro} = 2,234 \text{ \$/año}$

Cálculo de la disminución de CO<sub>2</sub> por reducir el consumo de energía eléctrica para comprimir el aire de las fugas.

El ahorro total de combustible por la eliminación de todas las fugas de aire comprimido detectadas es de 39,682 litro/año, lo que traería un beneficio económico de 48,015 \$/año.

$RECO_2 = 113 \text{ ton CO}_2/\text{año}$

**Inversión Necesaria:** La aplicación de esta medida implica hacer reparaciones en la línea de aire comprimido, comprar (probablemente) algunas mangueras, abrazadera, empaques y otros accesorios (filtros, por ejemplo). Se considera que estos gastos pueden ser incluidos en el presupuesto del departamento de mantenimiento.

**PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** Dado que la inversión corre por cuenta del presupuesto destinado a reparaciones del departamento de mantenimiento, el período simple de recuperación de la misma es inmediato.

**MEDIDA NO. 14: APROVECHAR EL VAPOR DE VENTEO DEL TANQUE DE CONDENSADOS PUROS**

**SITUACIÓN PREVIA:** Otra de las oportunidades de ahorro detectadas se encuentra en el tanque de condensados puros que tiene un desfogue a la atmósfera. Este tipo de configuración tiene como finalidad evitar la sobrepresión del tanque. El hecho de no aprovechar la energía contenida en el vapor de venteo trae como consecuencia consumir una porción adicional de combustóleo.

**RECOMENDACIÓN:** Utilizar el vapor de venteo del tanque de condensados puros para el precalentamiento de algún otro equipo que requiera calentamiento a través del vapor generado.

**RESULTADOS:**

**Ejemplo 14: Estimación de los ahorros logrados por la recuperación del venteo del tanque de condensados puros**

Suposiciones:

- Presión del Tanque de Condensados = 7 lb/plg<sup>2</sup>
- Retorno de Condensados (RC) = 473,926 kg de agua/hora a una temperatura de 98°C
- Vapor de Venteo (VV) = 0.05%<sup>5</sup> x RC
- $VV = 2,369 \text{ kg/h de vapor}$

5 Según cálculos de acuerdo a Moyer, Napier y Grashof (Crocker, Piping Handbook, 20th Edit.) y considerando una caída en línea de 0.2 kg/cm<sup>2</sup> (presión de desfogue de 0.3 kg/cm<sup>2</sup>).

Entalpía de Vapor Saturado<sup>6</sup> (hv) = 2693.6 kJ/kg  
 Entalpía de Líquido Saturado (hl) = 467.11 kJ/kg  
 Eficiencia de Generación de Vapor (EGV) = 75.62%  
 Horas de Operación (HO) = 3,264 h/año  
 Poder Calorífico del combustible (PC) = 43,162 kJ/litro  
 Precio del combustible (Pcomb) = 1.23 \$/litro

La energía disponible en dicho flujo es de:

$$\text{Energía Disponible (ED)} = (V \times (h_v - h_l) \times HO) / EGV$$

$$ED = 2,369 \text{ kg/hora} \times (2693.6 \text{ kJ/kg} - 467.11 \text{ kJ/kg}) \times 3,264 \text{ horas/año} / 0.7562$$

$$ED = 22,766,658,160 \text{ kJ/año}$$

La equivalencia en litros de combustible es la siguiente:

$$\text{Litros de Combustible (Lcomb)} = ED / PC$$

$$Lcomb = 22,766,658,160 \text{ kJ/año} / 43,162 \text{ kJ/litro}$$

$$Lcomb = 527,470 \text{ litros}$$

$$\text{Ahorro Económico Total (AET)} = Lcomb \times CC$$

$$AET = 527,470 \text{ l} \times 1.23 \text{ \$/litro}$$

$$AET = 648,788 \text{ \$/año}$$

La aplicación de esta medida de ahorro de energía permitirá disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas a la atmósfera.

$$RECO_2 = 22,766 \text{ MJ} \times 0.07 \text{ ton CO}_2/\text{GJ} = 1,594 \text{ ton CO}_2$$

**INVERSIÓN:** Para llevar a cabo esta medida de ahorro de energía, se requiere adquirir tubería de acero al carbón y mano de obra para la instalación. El costo por materiales es ~\$174,340 e implica la adquisición de tubería de acero al carbón cédula 40. El costo por instalación se estima ~\$174,340, por lo que la inversión total estimada es de \$348,680.

**PERÍODO SIMPLE DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** En función de los ahorros económicos calculados, el período simple de recuperación de la inversión es de ~0.54 años.

### MEDIDA NO. 15: INSTALAR UN TANQUE FLASH PARA RECUPERAR EL CALOR DE LA PURGA CONTINUA DE CALDERAS

**SITUACIÓN PREVIA:** Dentro del área de calderas se tiene también el problema de que la purga continua realizada en algunas calderas se tira directamente al drenaje. El flujo de purga continua de estas calderas representa un costo extra en el consumo de combustible.

**RECOMENDACIÓN:** Instalar un tanque flash con objeto de recuperar el vapor de flashdeo de la purga continua a una

presión de ~0.5 bar<sup>7</sup> (1.5 bar absolutos), para llevarla al tanque *deaerador*. Así mismo, aprovechar el calor contenido en el condensado del tanque flash, utilizando el flujo del mismo como agua caliente en el tanque de condensados contaminados, ya que se encuentra a una temperatura de entre 73 y 98°C.

### RESULTADOS

#### Ejemplo 15: Estimación de los ahorros logrados por la instalación de un tanque flash para recuperar el calor de la purga continua de las calderas

Suposiciones:

Eficiencia de Generación de vapor (EGV) = 63.39%

Poder calorífico del combustible (PC) = 40,793 kJ/litro

Precio del combustible (CC) = 1.21 \$/litro

Índice térmico de producción de CO<sub>2</sub> (IT) = 0.0029 ton CO<sub>2</sub>/litro

Se espera recuperar el vapor contenido en la purga, y de esta manera *flashear* el vapor de 22 bar a 1.5 bar absolutos.

#### Evaluación de la Instalación de un Tanque Flash

Flujo Total de Purga (FTP) = 6,131.376 litro/día (6,131.376 kg/día), al que se identificará con las siglas *m*, (flujo del líquido saturado)

El proceso de expansión desde una presión de 22 bar (P<sub>1</sub>) a una presión de 1.5 bar (P<sub>2</sub>) se realiza a entalpía constante. Por ello, la entalpía de la mezcla a 1.5 bar (h<sub>x</sub>) va a ser igual a la entalpía del líquido saturado a 22 bar (h<sub>l</sub> a 22 bar), es decir,

$$h_x = h_l \text{ a } 22 \text{ bar} \quad \text{o} \quad h_x = 935.45 \text{ kJ/kg}$$

A la presión de 1.5 bar se tiene una mezcla líquido - vapor. Por esto, a continuación se calcula la calidad del vapor (x), la cual indicará el flujo de vapor a recuperar de esta purga.

$$x = \frac{(h_g - h_l \text{ a } 1.5 \text{ bar})}{(h_x - h_l \text{ a } 1.5 \text{ bar})}$$

En donde:

h<sub>l</sub> = Entalpía del líquido saturado a la presión indicada.

h<sub>g</sub> = Entalpía del vapor saturado a la presión indicada.

$$x = \frac{(935.45 - 467.11) \text{ kJ/kg}}{(2,693.6 - 467.11) \text{ kJ/kg}} = 0.2103$$

La calidad del vapor también se define de la siguiente manera:

$$x = \frac{(m_g)}{(m_g - m_l)}, \text{ de la cual se tiene}$$

<sup>6</sup> Considerando que el condensado tiene una presión de 1.5 bar y una temperatura de 95 °C

<sup>7</sup> Presión que se alcanzaría en función del flujo que se maneja en la purga (información del fabricante).

$$m_g = \frac{x m_g}{(1-x)} \text{ en donde, } m_g \text{ es el flujo de vapor a recuperar}$$

Por lo tanto, el flujo de vapor a recuperar será:

$$m_g = \frac{(0.2103) \times (6,131.376 \text{ kg/día})}{(1 - 0.2103)} = 1,633 \text{ kg de vapor/día}$$

Los ahorros se obtienen al recuperar el calor contenido en el vapor contenido en la purga, de la siguiente manera:

Calor Recuperado en Vapor (CRV) =  $m_g \times (h_{v, a 22 \text{ bar}} - h_{v, a 1.5 \text{ bar}})$

$$\text{CRV} = 1,633 \text{ kg/día} \times (935.45 - 467.11) \text{ kJ/kg}$$

$$\text{CRV} = 764,799 \text{ kJ/día}$$

Por lo tanto, al año se tendrían:

$$\text{CRV} = 764,799 \text{ kJ/día} \times 160 \text{ días/Año}$$

$$\text{CRV} = 122,367,840 \text{ kJ/año}$$

En términos de combustible que se deja de utilizar se representa como sigue:

$$\text{Ahorro de energía primaria} = \frac{\text{Calor recuperado}}{\text{PCI}_{\text{combustible}} \times \text{EGV}}$$

$$\text{Ahorro de energía primaria} = \frac{122,367,840 \text{ kJ/año}}{40,793 \text{ kJ/l} \times 0.6339} = 4,7321$$

$$\text{AEP} = 4,732 \text{ litro/año}$$

**Cálculo de los ahorros económicos:**

$$\text{Ahorro Económico Total (AET)} = \text{AEP} \times \text{CC}$$

$$\text{AET} = 4,732 \text{ litro/año} \times 1.21 \text{ \$/litro} = 5,725 \text{ \$/año}$$

$$\text{RECO}_2 = 13.72 \text{ ton CO}_2/\text{año}$$

**INVERSIÓN NECESARIA:** La inversión requerida es de ~\$36,000, con la cual se adquiriría un sistema de recuperación de vapor *flash* de las purgas de calderas y un sistema de trapeo de los condensados del tanque *flash*; esto incluye:

Tanque de *flash*

Válvula de seguridad

Manómetro de carátula

Rompedor de vacío

Trampa de vapor tipo flotador y termostato

Filtro tipo "Y", modelo IT

Válvula tipo esfera

Cámara sensora Spiratec

Válvula de retención tipo pistón (Check)

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** De acuerdo con la inversión requerida y los ahorros a obtener, se prevé un período de recuperación de la inversión de 6.3 años.

### MEDIDA NO. 16: MODERNIZAR EL EQUIPO DE CENTRIFUGADO

**SITUACIÓN PREVIA:** En el área de centrifugado se cuenta con diferentes tipos y modelos de máquinas centrifugas, cuya función es separar el azúcar de la miel. Estos equipos se encuentran divididos por baterías (grupo de centrifugas) y se identifican como: batería de A, B, C y R. Estos equipos están en operación durante la mayor parte del tiempo; sin embargo, este lapso depende de la materia prima disponible, la cual proviene de los tanques *portatemplas*. En promedio operan ~83% del tiempo.

Algunos de estos equipos operan variando la velocidad de centrifugado: a bajas velocidades cargan y descargan material y a máximas velocidades separan las mieles del azúcar (centrifugas bache). Las centrifugas continuas tienen una demanda eléctrica constante mientras hay materia prima en su interior.

**RECOMENDACIÓN:** Reemplazar las centrifugas que consuman más energía por otras que operen con una mayor eficiencia (kWh/ton producto).

**RESULTADOS:**

**Consideraciones:** Se considera que las centrifugas operan durante el ~85% del tiempo (horas efectivas de operación). En este porcentaje se toman en cuenta los tiempos muertos por falta de materia prima o por paros de planta.

#### Ejemplo 16: Estimación de ahorros logrados por la modernización del equipo de centrifugado

**Suposiciones:**

Se presenta el cálculo del índice energético de la centrifuga 2-A:

$$\text{Ciclo de operación (CO)} = 2.5 \text{ min.} = 24 \text{ ciclos/hr.}$$

$$\text{Capacidad de la centrifuga (C)} = 0.65 \text{ ton/ciclo}$$

Días de zafra (DZ) = 180 días/año  
 Horas Efectivas de Operación (HEO) = 85% del tiempo.  
 No. de ciclos por hora (CPH) = 24 ciclos x 0.85 = 20.4 ciclos  
 Poder Calorífico del combustóleo (PC) = 401,793 kJ/l  
 Equivalente Primario de Energía Eléctrica (EPEE) = 10,011 kJ/kWh

#### Cálculo de la capacidad de la centrífuga:

Capacidad (Cap) = CPH x C  
 Cap = 20.4 ciclos x 0.65 ton/ciclo = 13.3 ton/hr.

Las mediciones eléctricas indican que el consumo de energía en un ciclo de operación es de 1.46 kWh/ciclo (MEC), por lo que el consumo de energía por hora es:

Consumo de energía (CE) = MEC x CPH  
 CE = 1.46 kWh/ciclo x 20.4 ciclo = 29.8 kWh/h

#### Calculo del índice energético:

Índice energético (IE) = CE / Cap  
 IE = 29.8 kWh/h / 13.3 ton/h = 2.25 kWh/ton

#### Cálculo del consumo de energía eléctrica por año (CEEA):

CEEA = CE x 24 horas/día x DZ  
 CEEA = 29.8 kWh/h x 24 horas/día x 180 días/año CEEA = 128,736 kWh/año

#### Cálculo de la capacidad de producción total de la centrífuga durante la zafra (CPTZ):

CPTZ = IE x 24 horas/día x DZ  
 CPTZ = 13.3 ton/h x 24 horas/día x 180 días/año  
 CPTZ = 57,456 ton/año

#### Cálculo de la capacidad de procesamiento anual de 3 centrifugas de este tipo:

CPTZ3 = 57,456 ton/año x 3 centrifugas  
 CPTZ3 = 172,368 ton/año

#### Cálculo del consumo de energía al año de las 3 centrifugas (CE3):

CE3 = 3 centrifugas x 128,736 kWh/año  
 CE3 = 386,208 kWh/año

Si se considera que dichas centrifugas pueden ser sustituidas por aquellas del tipo continuo que consumen menos energía por tonelada de caña procesada, entonces se requerirían 2 de este tipo, cuya capacidad de procesamiento sea de (Cap2):

Cap2 = 110,160 ton/año x 2 centrifugas  
 Cap2 = 220,320 ton/año

Consumo de energía (CE2) = 2 centrifugas x 91,240 kWh/año

CE2 = 182,480 kWh/año

Por lo que el ahorro por consumo de energía eléctrica es:

Ahorro en consumo de Energía Eléctrica (ACEE) = CE2 - CE3  
 ACEE = 386,208 kWh/año - 182,480 kWh/año = ACEE = 203,728 kWh/año

Ahorro en combustible (Acom) = (ACEE x EPEE)/PC  
 Acom = (203,728 kWh/año x 10,011 kJ/kWh)/40,793 kJ/litro de combustóleo

Acom = 49,997 l/año

Ahorro económico Totales (AET) = 49,997 litros de combustóleo x 1.21 \$/litro

AET = 60,496 \$/año

El ahorro de energía traerá consigo una disminución en la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera de:

RECO<sub>2</sub> = 143 ton CO<sub>2</sub>/año

**INVERSIÓN NECESARIA:** Para la aplicación de esta medida es necesario adquirir 2 centrifugas. Se considera que la inversión se debe contemplar como parte del presupuesto destinado a la modernización del equipo.

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** En virtud de que la inversión necesaria se justifica como parte de la modernización de equipos, el período de recuperación de la inversión es inmediato.

#### MEDIDA NO. 17: INSTALAR UN VARIADOR DE FRECUENCIA EN LA BOMBA DE JUGO PESADO

**SITUACIÓN PREVIA:** Otra oportunidad de ahorro se presenta en el área de clarificación donde se cuenta con un sistema de bombeo con variación de flujo. El sistema de bombeo analizado es el que lleva el jugo pesado del tanque correspondiente hacia el calentador primario. Parte de este jugo es recirculado al mismo tanque de jugo pesado con la finalidad de mantener un nivel en éste y evitar la *cavitación* de la bomba. La recirculación se controla con una válvula automática, cuyo parámetro para la apertura o cierre es el nivel del tanque.

**RECOMENDACIÓN:** Reemplazar el sistema de recirculación de jugo pesado y el control por estrangulación para el jugo *alcalizado* por uno de variación de velocidad (*variador de frecuencia*).

## RESULTADOS:

**Consideraciones:** Para la evaluación de esta oportunidad de ahorro de energía, se recopiló la información disponible de tableros de control y se realizaron mediciones eléctricas en el interruptor principal.

**Ejemplo 17: Estimación de los ahorros logrados al instalar un variador de frecuencia en la bomba de jugo pesado**

## Suposiciones:

**Datos del Bomba**

Marca: Wilfley

Modelo: K5

Temperatura: 36°C

Gasto nominal: 1800 gpm (410 m<sup>3</sup>/h)

Carga dinámica total: 185 pies (56.4 m)

Velocidad: 1496 rpm

Eficiencia de la bomba de acuerdo a curva característica = 65%

Tiempo de operación (TO) = 136 días

**Datos del Motor eléctrico**

Potencia del motor: 150 hp

Velocidad: 1800 rpm

Voltaje: 230/460

Eficiencia: 95.6

Equivalente Primario de Energía Eléctrica (EPEE) = 8,146 kJ/kWh

PC = 4,163 kJ/litro

Gasto en la válvula de recirculación (GR) = 750 gpm (170 m<sup>3</sup>/h) máximo; al abrir la válvula al 60% se tiene los siguientes resultados.

Al aplicar las leyes de semejanza o afinidad para determinar la nueva carga de operación del sistema, y realizar una serie de mediciones, se tienen como promedio los siguientes datos:

Gasto nominal (Q1) = 409 m<sup>3</sup>/h

Carga nominal (H1) = 63.4 m

Gasto de operación (Q2) = 356 m<sup>3</sup>/h

Potencia eléctrica (PE) = 116.67 kW

La nueva carga de operación es (H2)

$$H2 = H1 / (Q1/Q2)^2 = 63.4 / (409/356)^2 = 48 \text{ m.}$$

Velocidad de la bomba (N2)

$$N2 = N1 / (Q1/Q2) = 1496 / (409/356) = 1302 \text{ rpm.}$$

La potencia en la flecha (BHP2)

$$BHP1 = Q2 \times H1 \times 1000 \times 9.81 / 0.65 \times 1000$$

$$BHP1 = 0.099 \text{ m}^3/\text{s} \times 63.4 \text{ m} \times 1000 \times 9.81 / 0.65 \times 1000 = 94.7 \text{ kW}$$

Aplicando las leyes de semejanza:

$$BHP2 = BHP1 / (Q1/Q2)^3 = 94.7 / (409/356)^3$$

$$BHP2 = 62.4 \text{ kW}$$

La potencia requerida es:

Potencia eléctrica requerida (PER) = BHP2/eficiencia del motor

$$PER = 62.4 / 0.956 = 65.27 \text{ kW}$$

Disminución en demanda (DD) = PE - PER

$$DD = 116.67 \text{ kW} - 65.27 \text{ kW} = 51.4 \text{ kW}$$

Ahorro en Consumo de Energía (ACE) = DD x Horas de operación al año

$$ACE = 51.4 \text{ kW} \times 136 \text{ días/año} \times 24 \text{ horas/día}$$

$$ACE = 167,770 \text{ kWh/año}$$

Ahorro en Combustible (Acomb) = (ACE x EPEE)/PC

$$Acomb = (167,770 \text{ kWh} \times 8,146 \text{ kJ/kWh}) / 43,162 \text{ kJ/litro}$$

$$Acomb = 31,663 \text{ litros/año}$$

Ahorro Económico Total (AET) = Acomb x CC

$$AET = 31,663 \text{ litros/año} \times 1.23 \text{ \$/litro} = 38,945 \text{ \$/año}$$

**Cálculo de la disminución en la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera**

$$RECO_2 = 96 \text{ ton CO}_2$$

**INVERSIÓN:** Se requiere adquirir un *variador* de frecuencia de par variable para un motor de 150 hp a 460V, con un costo aproximado de \$117,859.

**PERÍODO SIMPLE DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** En función de los ahorros económicos estimados y la inversión requerida, se tendrá un período simple de recuperación de 3 años.

### MEDIDA NO. 18: REEMPLAZAR MOTORES REEMBOBINADOS POR MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

**SITUACIÓN PREVIA:** Es común encontrar motores de uso intensivo en planta, al igual que motores que han presentado fallas eléctricas y se han *reembobinado*. Al reparar un motor, su eficiencia de operación se reduce en 1.5%, en promedio. Además, algunos de los motores acoplados a bombas o mezcladores manejan como fluido de trabajo mieles u otros productos propensos a endurecerse por falta de movimiento. Esta situación provoca que los equipos se *sobredimensionen* para evitar fallas por *sobrecamperaje*. Esta condición provoca que éstos trabajen a un bajo factor de carga y, por consiguiente, que su eficiencia de operación se reduzca.

<sup>9</sup> Eficiencia de la bomba de acuerdo a la curva característica.

**RECOMENDACIÓN:** Hacer el reemplazo de los motores que presenten fallas eléctricas por motores nuevos de alta eficiencia.

#### RESULTADOS:

**Consideraciones:** Para realizar la evaluación de esta oportunidad de ahorro se llevó a cabo un levantamiento de datos de placa en cada uno de los motores y se hicieron mediciones de voltaje por fase (*fase-neutro*), corriente por fase, potencia en cada una de las fases y factor de potencia. Basándose en las mediciones efectuadas en cada uno de los motores se obtuvo información de la potencia eléctrica demandada, el porcentaje de carga al cual está trabajando el motor, su eficiencia a partir del porcentaje de carga, la diferencia y *desbalanceo* de voltaje, la eficiencia del motor (una vez ajustada por diferencia y *desbalanceo* de voltaje y por *reembobinado*) y la potencia en la flecha.

#### Ejemplo 18: Estimación de los ahorros logrados por el reemplazo de motores reembobinados por motores de alta eficiencia

Suposiciones:

La Potencia Eléctrica Medida en los Motores Estándar (PEME) es de:

$$PEME = 1,702.96 \text{ kW}$$

Los motores trabajan en promedio (HOP) 3,793.75 h/año

El consumo de energía de los motores estándar (CEME) es de:

$$\begin{aligned} \text{CEME} &= \text{PEME} \times \text{HOP} \\ \text{CEME} &= 1,702.96 \text{ kW} \times 3,793.75 \text{ h/año} \\ \text{CEME} &= 6,460,604.5 \text{ kWh/año} \end{aligned}$$

La operación de los motores de alta eficiencia, bajo las condiciones que prevalecen actualmente con los motores estándar, se traduciría en una potencia eléctrica demandada de 1,621 kW para el total de motores analizados.

$$\text{PEMAE} = 1,621 \text{ kW}$$

El consumo de energía de los nuevos motores de alta eficiencia (CEMAE):

$$\begin{aligned} \text{CEMAE} &= \text{PEMAE} \times \text{HOP} \\ \text{CEMAE} &= 1,621 \text{ kW} \times 3,793.75 \text{ h/año} \\ \text{CEMAE} &= 6,149,668.75 \text{ kWh/año} \end{aligned}$$

Lo que representa una reducción del 5% en el consumo de energía eléctrica respecto a los motores estándar.

Al aplicar esta medida de ahorro de energía se tendría una disminución en demanda de:

$$\begin{aligned} \text{DD} &= 1702.96 \text{ kW} - 1,621 \text{ kW} \\ \text{DD} &= 81.96 \text{ kW} \end{aligned}$$

Lo que representará un ahorro de energía eléctrica de:

$$\begin{aligned} \text{AEE} &= 81.96 \text{ kW} \times 3,793.75 \text{ h/año} \\ \text{AEE} &= 310,936 \text{ kWh/año} \end{aligned}$$

Esto equivalente a dejar de consumir 76,307 litros de combustible/año (Acomb).

**El cálculo del ahorro económico derivado de la aplicación de esta medida es de:**

$$\begin{aligned} \text{Ahorro económico Totales (AET)} &= \text{Acomb} \times \text{CC} \\ \text{AET} &= 76,307 \text{ litro/año} \times 1.21 \text{ \$/litro} = 92,331 \text{ \$/año} \end{aligned}$$

**Cálculo de la disminución en la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera**

$$\text{RECO}_2 = 218 \text{ ton CO}_2/\text{año}$$

**INVERSIÓN NECESARIA:** Para poder llevar a cabo la implantación de esta medida es necesario adquirir 31 motores nuevos de alta eficiencia. El monto de inversión es de \$1,509,551.

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** En función de los ahorros estimados y la inversión necesaria para aplicar esta medida, se tendrá un período de recuperación de ~16 años. Este período resulta ser muy elevado debido a que los motores trabajan la mitad del año. Por ello, se recomienda aplicar esta medida sólo después de que se dañe el motor instalado actualmente. Siguiendo estas políticas se contará con motores confiables en su operación.

#### MEDIDA NO. 19: REEMPLAZAR LA ILUMINACIÓN

**SITUACIÓN PREVIA:** La iluminación de los Ingenios está constituida (mayoritariamente) por luminarias tipo campana, con lámparas de vapor de mercurio de 400 W, en todas las naves. En las oficinas hay arreglos de luminarias de 2x75 W y 2x39 W, del tipo T-12. En cuanto a la iluminación exterior, la misma está conformada por luminarias tipo proyector, con lámparas de vapor de mercurio de 400 y 1000 W.

**RECOMENDACIÓN:** Reemplazar las luminarias de 2x39W T-12, por luminarias de 1x32W T-8 con reflector especular;

las luminarias 2x75W T-12 por luminarias de 2x32W T-8 en línea, con reflector especular; reemplazar las lámparas de vapor de mercurio de 400W por luminarias de vapor de sodio de alta presión de 250W; y las luminarias tipo proyector con lámparas de vapor de mercurio de 1000W, por luminarias tipo proyector F con lámparas de vapor de sodio de alta presión de 400W.

## RESULTADOS

**Consideraciones:** La evaluación de esta oportunidad de ahorro se llevó a cabo de la siguiente manera: se hizo la estimación de los costos de operación y los ahorros en dos períodos: en el de zafra, tomando en cuenta que en el mismo los ingenios generan la energía eléctrica que consume y, por lo tanto, se considera la reducción en el consumo de combustóleo; y en el período de reparaciones (fuera de zafra), que es cuando se compra la energía eléctrica a la CFE. Los ahorros por iluminación, en el período de zafra, se calculan con base en los costos del combustóleo, de 1.21 \$/l y en reparaciones de acuerdo con los costos en tarifa HM, de 65.102 \$/kW de demanda facturable y 0.36757 \$/kWh por consumo de energía eléctrica.

### Ejemplo 19: Estimación de los ahorros logrados por el reemplazo de iluminación

Suposiciones:

Horas de Operación en Zafra (HOZ) = 1,800 h/año  
 Horas de operación en Reparación (HOFZ) = 1,064 h/año  
 Precio del combustóleo (CC) = 1.1 \$/litro  
 Precio del kWh (PkWh) = 0.36757 \$/kWh  
 Precio del kW (Pkw) = 65.102 \$/kW

A manera de ejemplo se presenta la evaluación del reemplazo de iluminación en el área de informática, lugar donde se ubican 6 luminarias de 2x75W.

La situación actual es la siguiente:

Potencia del área (PÁrea) = Potencia del luminario (PL) x Número de luminarios (NL) x (1 kW/1000 W)  
 PÁrea = 150 W<sup>9</sup> x 6 x (1 kW/1000 W) = 0.90 kW

El consumo de energía en se obtiene de la siguiente manera:

Consumo de Energía en Zafra (CEEZ) = PA x HOZ  
 CEEZ = 0.90 kW x 1,800 h/zafra = 1,620 kWh/zafra

**El cálculo del consumo representado en litros de combustóleo está dado de la siguiente manera:**

$$\text{Consumo de energía (l/zafra)} = \frac{\text{kWh/zafra} \times 10,011 \text{ kJ/kWh}}{\text{PCI}}$$

$$\text{Consumo de energía (l/zafra)} = \frac{1,620 \text{ kWh/zafra} \times 10,011 \text{ kJ/kWh}}{\text{PCI}_{\text{combustóleo}}} = 3981_{\text{combustóleo}} \text{ l/z}$$

Consumo de combustóleo (CcombZ) = 398 litros/año

**Cálculo del consumo de energía en reparaciones (fuera del período de zafra)**

Consumo de Energía Eléctrica Fuera de Zafra (CEEZ) = PA x HOFZ

$$\text{CEEZ} = 0.90 \text{ kW} \times 1,064 \text{ h/zafra} = 958 \text{ kWh/año}$$

**Cálculo del costo total del consumo de combustóleo durante el período de zafra, y por consumo de energía eléctrica en el período de reparaciones**

$$\text{Costo Total (CT)} = (\text{CcombZ} \times \text{Pcomb})_{\text{zafra}} + \{(\text{CEEZ} \times \text{PkWh})_{\text{fuera de zafra}} + (\text{PA} \times \text{Pkw})_{\text{fuera de zafra}}\} \times 1.15$$

$$\text{CT} = (398 \text{ litros} \times 1.21 \text{ \$/l})_{\text{zafra}} + \{(958 \text{ kWh} \times 0.36757 \text{ \$/kWh})_{\text{fuera de zafra}} + (0.9 \text{ kW} \times 65.102 \text{ \$/kW} \times 6 \text{ meses})_{\text{fuera de zafra}}\} \times 1.15 = 1,290 \text{ \$/año}$$

La situación propuesta es la siguiente: Los luminarios que se proponen como parte del reemplazo son 6 en arreglo de 2x32W T-8 en línea con reflector especular. La potencia del área con el nuevo sistema es (PANS):

$$\text{PANS} = 64 \text{ W} \times 6 \times (1 \text{ kW}/1000 \text{ W}) = 0.384 \text{ kW}$$

Consumo de Energía (CEZNS) = PAN x HOZ  
 CEZNS = 0.384 kW x 1,800 h/zafra = 691 kWh/año

**Cálculo del consumo representado en litros de combustóleo**

$$\text{Consumo de energía} = \frac{691 \text{ kWh/zafra} \times 10,011 \text{ kJ/kWh}}{40,793 \text{ kJ/l}} = 1701 \text{ l/año}$$

Consumo de energía en l/zafra (CcombZNS) = 170 l/año

**Cálculo del consumo de energía eléctrica en el período de reparaciones (fuera del período de zafra)**

Consumo de energía (CEEZNS) = PANS x HOFZ  
 CEEZNS = 0.384 kW x 1,064 h/año = 409 kWh/año

**Cálculo del costo total por consumo de combustible durante zafra, y por demanda y consumo de energía eléctrica proporcionada por CFE fuera de zafra, para el nuevo sistema de iluminación**

$$\text{Costo Total del Nuevo Sistema (CTNS)} = (170 \text{ litros} \times 1.21 \text{ \$/litro})_{\text{zafra}} + \{(409 \text{ kWh/año} \times 0.36757 \text{ \$/kWh})_{\text{fuera de zafra}} + (0.384 \text{ kW} \times 65.102 \text{ \$/kW} \times 6 \text{ meses})_{\text{fuera de zafra}}\} \times 1.15 = 550 \text{ \$/año}$$

<sup>9</sup> La luminaria tiene dos tubos de 75W, por lo que la potencia total de la luminaria es de 150W.

Por el reemplazo de iluminación de esta área se obtienen ahorros en litros de combustóleo durante el periodo de zafra, y en consumo de energía eléctrica y demanda en el periodo de reparaciones (fuera de zafra); además, se da una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. A continuación se muestran los cálculos.

Ahorro en Consumo de Combustible (ACcombZ) = CcombZ - CcombZNS

$$ACcombZ = 398 - 170 = 228 \text{ litros/año}$$

Ahorro en Consumo de Energía Eléctrica (ACEEFZ) = CEEFZ - CEEFZNS

$$ACEEFZ = 958 - 409 = 549 \text{ kWh/año}$$

Disminución en Demanda (DD) = PArea - PANS

$$DD = 0,9 - 0,384 = 0,516 \text{ kW/mes}$$

Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (RECO<sub>2</sub>) = [Ahorro en combustible x índice de producción de CO<sub>2</sub> (combustóleo)] + [Ahorro en energía eléctrica x índice de producción de CO<sub>2</sub> (E. Eléctrica)]

$$RECO_2 = (228 \text{ l/año} \times 0,0029 \text{ ton CO}_2/\text{l}) + (549 \text{ kWh/año} \times 0,0007 \text{ ton CO}_2/\text{kWh}) = 1,045 \text{ ton CO}_2/\text{año}$$

Ahorro Económico Total (AET) = CT - CTNS

$$AET = 1,290 \text{ \$/año} - 550 \text{ \$/año} = 740 \text{ \$/año}$$

Al reemplazar toda la iluminación se tendrá una reducción en el consumo de combustible de **83,473 litros de combustóleo/año** (en el periodo de zafra), y en energía eléctrica de **177,589 kWh/año** (en el periodo de reparaciones) con una disminución en demanda de **115 kW**. Lo anterior representa un ahorro económico de **227,573 \\$/año**.

$$RECO_2 = 366 \text{ ton CO}_2/\text{año}$$

**INVERSIÓN NECESARIA:** La inversión requerida para aplicar esta oportunidad de ahorro es de \$576,185, la cual incluye el costo de las luminarias recomendadas para cada área (lámparas T-8, balastros electrónicos, reflectores especulares y bases para su instalación). Se consideró, asimismo, el costo de las lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250W y el costo de los proyectores con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 400W.

**PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:** El periodo de recuperación es 2.5 años.

# MEDIDAS ENFOCADAS A LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL EN INGENIOS AZUCAREROS

El Sistema de Administración Ambiental (SAA) es un conjunto de principios, herramientas y procedimientos de administración que provee de una metodología de operación para incrementar la eficiencia y reducir los aspectos ambientales asociados a las actividades de una empresa.

Siguiendo los requisitos de la norma ISO 14001, en este diagnóstico se presentan los instrumentos con los que cuentan actualmente los ingenios, los cuales pueden servir como base para el establecimiento de un SAA.

## REFERENTE A LA METODOLOGÍA EMPLEADA PARA REALIZAR EL DIAGNÓSTICO

El diagnóstico se efectuó a través de las siguientes actividades:

1. Recorrido en áreas productivas:
  - Molinos
  - Clarificación
  - Evaporación
  - Cristalización
  - Centrifugación
  - Refinería:
    - clarificación
    - cristalización
    - centrifugación
    - refinado
    - secado y envase
2. Recorrido en área de mantenimiento
3. Recorrido en áreas de servicio y otras:
  - Calderas
  - Plantas de tratamiento
  - Laguna de regulación
  - Taller de maquinaria agrícola
  - Laboratorio de fábrica

Instrumentación  
Planta eléctrica

4. Recorrido en almacenes:
  - Almacén de materias primas
  - Bodega de azúcar
  - Área de residuos
5. Entrevistas con el corporativo del área ambiental
6. Entrevistas con el personal responsable de cada área
7. Revisión y análisis de documentación existente

## REFERENTE A LOS ASPECTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

A continuación se describen los principales aspectos ambientales asociados a las actividades de la empresa.

### AGUA

El consumo de agua es el principal aspecto ambiental, por la cantidad utilizada en el proceso de elaboración de azúcar refinada.

### AGUAS RESIDUALES

El agua residual generada por las operaciones y servicios de los ingenios se divide en tres clases: la proveniente de las áreas de proceso que contiene básicamente materia orgánica y grasa; la generada por los sistemas de enfriamiento; y la generada por los servicios sanitarios, las zonas habitacionales, con contaminantes tales como:

pH  
Temperatura  
Coliformes fecales

## ENERGÍA

Los ingenios utilizan dos tipos de energía:

**Eléctrica:** que es *autogenerada* por el propio ingenio a través de *turbogeneradores*, con lo que se alcanza a cubrir las necesidades de operación de equipos y maquinarias. Se cuenta también con una cometida de la Comisión Federal de Electricidad, pero la misma generalmente no es utilizada.

**Térmica:** cuyo medio de conducción es el vapor generado básicamente en las calderas y en los evaporadores, los condensados provenientes de los sistemas Multijet y los mismos evaporadores y algunos otros fluidos de proceso. Esta energía térmica es aprovechada para calentamiento.

## EMISIONES A LA ATMÓSFERA

Las emisiones a la atmósfera generadas por los ingenios consisten básicamente en:

Gases de combustión en calderas  
Gases de combustión de diesel en horno rotatorio de regeneración de carbón  
Partículas de polvo de *bagacillo* emitidas

## RUIDO

Derivado de la operación de los ingenios, se detectan niveles de ruido cercanos a los 90 dB permitidos por la norma NOM-011-STPS-1993, sobre todo en áreas de calderas y en zonas con fugas de vapor, si bien los estudios el NSCE (Nivel Sonoro Continuo Equivalente) concluyen que los niveles de ruido son menores que los límites permisibles para una jornada de 8 horas.

## MATERIALES PELIGROSOS

Para la operación de los ingenios y la producción del azúcar refinada se utilizan diversos materiales considerados como peligrosos por la cantidad y las características CRETIB de los mismos.

## RIESGO

El grado de riesgo de incendio o explosión por todos los materiales incluidos se considera bajo, y sólo alcanza un nivel medio cuando se trata de combustóleo; sin embar-

go, no se incluye el *bagacillo* almacenado en los patios o sala de bagazo, material en cuyo historial existen antecedentes de incendios; tampoco se incluyen los tanques de miel, los cuales almacenan grandes cantidades de la misma, por lo que será recomendable revisar los alcances del estudio mencionado.

## RESIDUOS

### *Residuos No Peligrosos*

Durante los recorridos efectuados en las diferentes áreas de los ingenios se observó que no existe una práctica de separación y clasificación de la basura. Regularmente se encuentran tambos con basura no peligrosa (papeles, envases y cartones) revuelta con residuos peligrosos (estopas impregnadas de grasa y aceite, *rebabas* de metales pesados y baterías de 6 V) que son considerados como peligrosos.

### *Residuos Peligrosos*

Entre los residuos generados en mayor proporción se encuentran las grasas y aceites generadas por la operación y mantenimiento de los equipos.

Existe otro tipo de residuos peligrosos no considerados en el listado de los ingenios, por ejemplo: baterías de desecho, baterías de 6 volts las cuales se tiran en la basura común y no se cuenta con algún programa para su disposición correcta.

Otro de los residuos no declarados es la estopa que se utiliza para el mantenimiento de los equipos, la cual generalmente se desecha impregnada de grasa y aceites.

Es importante que todos estos residuos sean dados de alta en sus manifiestos de generación de residuos peligrosos respectivos, así como incluirlos en el procedimiento de manejo como residuos peligrosos, debiendo ser almacenados en el almacén temporal de residuos peligrosos, etiquetados debidamente, protegidos de la intemperie y con el tratamiento final correspondiente. Asimismo, sus movimientos de entrada y salida deben registrarse en la bitácora de control y es necesario mantener los manifiestos de generación, transporte y entrega de los mismos, así como su disposición de acuerdo a lo indicado por la Ley General del Equilibrio Ecológico.

## SUELO Y SUBSUELO

De acuerdo a las recomendaciones de la Auditoría Ambiental, los ingenios deberán establecer un programa que

incluya la evaluación de la magnitud del área afectada, indicar concentraciones, establecer y aplicar el sistema de restauración, incluir en el programa de mantenimiento preventivo el equipo o fuente generadora de la contaminación detectada y dar seguimiento a las acciones que se realicen.

### REFERENTE A LA POLÍTICA AMBIENTAL

#### ESTADO ACTUAL

Dentro de la política de calidad de los ingenios se menciona el compromiso de "proteger el entorno ecológico que nos rodea, así como crear un ambiente laboral digno y seguro". También se incluyen los planes para implantar un sistema de aseguramiento de la calidad basado en la serie ISO-9000.

#### RECOMENDACIÓN

La creación de esta Política Ambiental<sup>10</sup> debe ser adecuada a las características y tamaño de la empresa, así como a los aspectos ambientales más importantes derivados de las operaciones de los ingenios. De acuerdo con la identificación de los aspectos ambientales descrita anteriormente, los ingenios deben manifestar el compromiso de:

- Prevenir la generación de contaminantes a todos los medios (principalmente al suelo y al agua en forma de grasas).
- Manejar y disponer de manera adecuada los residuos peligrosos generados durante las actividades de la empresa.
- Realizar las acciones necesarias para reducir las emisiones a la atmósfera y el consumo de combustible.
- Reducir el consumo de energía eléctrica.
- Proteger la salud de los trabajadores de los efectos provocados por ciertos aspectos ambientales (referido a ruido y polvos emitidos).
- Cumplir con los requisitos legales ambientales que se le aplican actualmente y en todo momento.

La política deberá estar disponible al público y la empresa deberá asegurarse de que todo el personal la conoce, la asimila y es capaz de explicarla a un tercero (importante punto de evaluación durante la auditoria para lograr la certificación). Durante el proceso de implantación del ISO 9000 se generarán los canales que pueden ser aprovechados para difundir también la Política Ambiental. Se debe considerar la conveniencia de integrar el as-

pecto ambiental y el de calidad en un solo sistema, es decir combinar el sistema ISO 9001 y el ISO 14001. En lo que respecta a la política, se puede generar una sola que incluya ambos aspectos, es decir una Política de Aseguramiento de la Calidad y de Mejora Ambiental.

### REFERENTE A LA PLANEACIÓN DEL SAA

Los cuatro puntos básicos de los que depende la planeación del SAA son los siguientes:

- Identificación de Aspectos Ambientales.
- Requisitos Legales.
- Objetivos y Metas.
- Programa de Administración Ambiental.

### IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES

#### ESTADO PREVIO

Durante los trabajos efectuados para elaborar el presente informe se han identificado los aspectos ambientales más importantes asociados a las actividades de los ingenios, resumiendo los aspectos ambientales con potencial de mejora, hasta ahora señalados.

Sin embargo, hay otros aspectos ambientales que los ingenios pueden empezar a incluir y trabajar una vez que su SAA esté implantado, como transporte y suelo (cultivos de caña).

#### RECOMENDACIÓN

Es indispensable que los ingenios definan los criterios que utilizarán para seleccionar los aspectos ambientales más significativos que incluirán en el SAA en una primera etapa, de manera que realmente se comprometan a trabajar sobre aquéllos que consideren prioritarios. Estos criterios pueden ser, entre otros: cumplimiento con la legislación, afectación a la salud y seguridad de los trabajadores, impactos potenciales al medio ambiente (contaminación de suelo y cuerpos de agua), costos ambientales (tratamiento de efluentes, manejo y disposición de residuos, multas potenciales, etc.), uso de recursos escasos y no renovables, uso de recursos explotados de una manera no sustentable (suelo) y protección a la comunidad.

Los ingenios deben establecer un procedimiento en el que se detalle claramente la metodología a emplear para la identificación de los aspectos ambientales sobre los cua-

<sup>10</sup> La política ambiental es la declaración de intenciones y principios de la organización en relación con su desempeño ambiental general, que proporciona el marco de referencia para la acción y para el establecimiento de sus objetivos y metas ambientales.

les se basará el SAA, mismos que los ingenios estructuran al momento en que así lo decidan. Las fases 2 y 3 de la metodología de P+L pueden ser utilizadas para la detección de dichos aspectos ambientales; sin embargo, la empresa debe revisar la metodología y adecuarla a sus necesidades presentes y futuras.

### REQUISITOS LEGALES

#### ESTADO PREVIO

Los ingenios cuentan con un Plan de Acción como resultado de la Auditoría Ambiental realizada en cada uno de ellos. Esta Auditoría se realizó en forma voluntaria bajo los términos de referencia de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

- De la revisión de cada actividad y aspecto ambiental, se desglosaron actividades para dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente, a las cuales se asignaron tiempos de cumplimiento específicos integrados al Plan de Acción correspondiente. Los alcances de la Auditoría Ambiental cubren las siguientes leyes, reglamentos y normas Ambientales:
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)
- Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios
- Ley de Aguas Nacionales
- Ley Federal de Derechos
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua
- Reglamento de la LGEEPA en Materia de Residuos Peligrosos.
- Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica
- Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
- NOM-001-ECOL-1996
- NOM-085-ECOL-1994
- NOM-001-STPS-1993
- NOM-002-STPS-1993
- NOM-009-STPS-1993
- NOM-004-STPS-1993
- NOM-005-STPS-1993
- NOM-006-STPS-1993

- NOM-011-STPS-1993
- NOM-017-STPS-1994
- NOM-016-STPS-1993
- NOM-020-STPS-1994

Los ingenios cuentan además con un procedimiento operativo para actualizar los aspectos legales que en materia ambiental se le aplican. Sin embargo, éste no se encuentra por escrito como lo requiere la norma ISO 14001.

#### RECOMENDACIÓN

El ingenio debe analizar cómo influyen las acciones de los programas mencionados para alcanzar el cumplimiento de los requisitos legales marcados por la Profepa. Se recomienda vincular todas las acciones para tener un solo Programa Ambiental cuyos alcances lleven a los ingenios a:

- Cumplir con la legislación
- Obtener los ahorros económicos asociados a las acciones de producción limpia
- Implementar el programa de administración ambiental que exige la norma ISO 14001.

### OBJETIVOS Y METAS

#### ESTADO PREVIO

Los ingenios cuentan con buena experiencia en el planteamiento de objetivos y metas, como es demostrado en el plan de producción y mantenimiento realizado en cada zafra. Cuentan también con la estructura necesaria y con responsables en cada área para llevar a cabo dichos programas.

#### RECOMENDACIÓN

Para cumplir con los requisitos de la norma ISO 14001 se deberán establecer objetivos y metas ambientales:

- En cada nivel y función pertinentes dentro del Ingenio.
- Que sean congruentes con los aspectos ambientales identificados y considerados como prioritarios con base en los criterios ambientales que la empresa establezca
- Que sean realistas y consideren, además de los requisitos legales y de otros tipos, las opciones tecnológicas, los requerimientos y la disponibilidad financiera, operativos y de negocios de los ingenios.

## PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

### ESTADO PREVIO

El único programa ambiental que se está implantando es el derivado de la Auditoría Ambiental, realizándose a través de la Coordinación de Saneamiento Ambiental y los responsables de cada área.

### RECOMENDACIÓN

Una vez que los ingenios establezcan los objetivos y metas, deben describir de manera detallada las acciones para el cumplimiento de dichas metas y objetivos. Para tal efecto, el ingenio deberá:

- Designar al responsable de la implantación del Sistema de Administración Ambiental.
- Estructurar las acciones que comprenderán el Programa de Administración Ambiental.
- Designar responsabilidades de cada una de las acciones en cada función y nivel pertinente del ingenio, además de una calendarización de dichas acciones para cumplir las metas en los tiempos establecido.
- Documentar dicho programa, basado en el organigrama actual del ingenio y especificando a los responsables de supervisar el cumplimiento de las acciones.
- Establecer grupos de trabajo que se enfoquen a los aspectos significativos: agua, agua residual, materiales peligrosos, residuos y suelo, riesgo, ruido, y energía.

### REFERENTE A LA IMPLANTACIÓN Y OPERACIÓN

A continuación se presentan los elementos que la norma ISO 14001 establece para llevar a cabo, de una manera exitosa, la implantación del SAA:

- Estructura y Responsabilidad.
- Capacitación, Conciencia y Competencia.
- Comunicación.
- Control de Documentos.
- Control de Operaciones.
- Preparación y Respuesta a Emergencias.

### ESTRUCTURA Y RESPONSABILIDAD

La implantación exitosa del SAA requiere del compromiso de todos los empleados y trabajadores de la organi-

zación. Por lo tanto, las responsabilidades ambientales no deben verse limitadas al área ambiental, también deben incluir a todas las áreas del ingenio.

### ESTADO PREVIO

Se cuenta con el Asesor Corporativo de Saneamiento Ambiental quien coordina la información de la Auditoría Ambiental dentro del ingenio. Se tienen también actividades asignadas a cada responsable e involucrado con los Programas Ambientales en operación; sin embargo, no se cuenta con un departamento definido para llevar a cabo todas las actividades ambientales.

### RECOMENDACIÓN

Es importante que, para la asignación de responsabilidades del ingenio, a través de la Gerencia General, se nombre un responsable del Programa de Administración Ambiental, quien deberá prepararse para:

- Definir, documentar y comunicar la función, responsabilidad y autoridad de las personas que gestionan, realizan y verifican el cumplimiento del Programa. Se sugiere incluir responsabilidades a todos los niveles de la estructura organizacional.
- Retroalimentar e informar a la Gerencia General sobre el desempeño del SAA para su revisión y como base para la mejora continua del mismo; es decir, una vez alcanzados los objetivos planteados, deberán plantearse nuevos objetivos que cubran los aspectos ambientales con prioridad secundaria que no fueron parte del SAA en el primer ciclo de implantación y operación. Nuevamente se requerirá estructurar un programa ambiental y definir responsables de su ejecución.

### CAPACITACIÓN, CONCIENCIA Y COMPETENCIA

#### ESTADO PREVIO

Se cuenta con un programa de capacitación de 1998-1999. El programa de capacitación para el 2000 estaba en proceso de finalización, y en éste se incluyen temas sobre aspectos ambientales, como son:

- Ahorro de energía.
- Combate contra incendios.
- Manejo de sustancias químicas.
- Varios sobre operación (buenas prácticas).

## RECOMENDACIÓN

De acuerdo con los requisitos de la norma ISO 14001, los ingenios deberán:

- Identificar las necesidades de capacitación del personal clave para el SAA, que a la vez se extienda hacia su personal de área. La capacitación debe ser apropiada de acuerdo al desempeño de sus actividades, nivel de educación y experiencia.
- Establecer y mantener el procedimiento para hacer que sus empleados o miembros de cada función y a todos los niveles tengan conciencia de:

La importancia del cumplimiento con la Política, Procedimientos y Requisitos Ambientales;  
 Los aspectos ambientales significativos actuales o potenciales de sus actividades productivas;  
 Sus funciones y responsabilidades para alcanzar el cumplimiento con la política, los procedimientos ambientales y con los requisitos del Programa de Administración Ambiental, incluyendo la preparación y respuesta a emergencias, sobre todo por el grado de riesgo que maneja la empresa por las cantidades y características de los materiales peligrosos.

Las consecuencias de alejarse de los procedimientos específicos de operación;

Se aconseja que el personal que maneja áreas de riesgo o ambientales que puedan causar impactos significativos, sea sujeto a evaluaciones periódicas para conocer el grado de conciencia que tienen del SAA.

- Se deberá incluir al personal de nuevo ingreso o personal flotante, como practicantes, tesis, becarios, etc.
- Igualmente, se debe contemplar la capacitación a contratistas, proveedores y personal externo que realice tareas dentro de las instalaciones.
- Documentar la capacitación llevada a cabo a través de: listas de asistencia, contenidos de los cursos, perfil de los instructores y las evaluaciones realizadas para conocer la efectividad de los programas de capacitación en materia ambiental.

Es importante que los trabajadores de la empresa reconozcan el beneficio que se está generando tanto a nivel de la empresa, como en el regional y el global, al partici-

par en los programas ambientales como el de aprovechamiento de agua y eliminación de desperdicio, conocimiento que puede facilitar el cambio de mentalidad necesario para la implantación exitosa del SAA.

## COMUNICACIÓN

### ESTADO PREVIO

Como parte de las actividades de comunicación, se encuentra la realización de reuniones diarias para la revisión de sus Programas de Trabajo en el que se incluyen algunos relacionados con aspectos ambientales como es el de Consumo de Agua.

### RECOMENDACIÓN

Durante las reuniones, los responsables e involucrados en el Sistema de Administración Ambiental podrán comunicar los avances del mismo y, en caso de formarse los grupos de trabajo por cada uno de los aspectos ambientales, será conveniente exponer los resultados con una periodicidad definida.

Como parte del SAA, los ingenios deberán:

- Elaborar e implantar un procedimiento para recibir, documentar y responder a las comunicaciones internas entre los diferentes niveles de la empresa.
- Comunicarse al exterior de la empresa con terceras partes, como son las diferentes Secretarías federales, estatales y municipales en materia ambiental, inquietudes de la comunidad vecina, cámaras empresariales, etc.
- Comunicarse con las autoridades correspondientes relacionadas con la planeación para responder a emergencias y otros asuntos relevantes.

La estructuración de formas internas de comunicación puede hacerse a través de reuniones periódicas, redacción de un boletín informativo que incluya las cuestiones ambientales, un pizarrón de avisos de cursos de capacitación, estructuración de una página en Internet, entre otros.

## CONTROL DE DOCUMENTOS

### ESTADO PREVIO

Los ingenios llevan un control adecuado para dar cumplimiento a los trabajos de la Auditoría Ambiental, como son: bitácora del almacén de residuos peligrosos, reportes

de la citadas Auditorías Ambientales y análisis de carga y descarga de agua residual.

#### RECOMENDACIÓN

Para que en los ingenios se pueda implantar un SAA basado en la norma ISO 14001 se deberán establecer procedimientos para controlar los documentos requeridos, como son: planos, estadísticas, reportes, bitácoras, normas, reglamentos, listados de capacitación, organigrama y responsabilidades, registros de monitoreo ambiental, etc. Éstos deberán estar perfectamente organizados y relacionados con el contenido del Manual. Toda la información deberá almacenarse, ya sea en papel o en formato electrónico, y deberá contar con fecha de emisión.

### CONTROL DE OPERACIONES

#### ESTADO PREVIO

Derivado de algunas actividades pendientes de la Auditoría Ambiental, se han desarrollado procedimientos relacionados con aspectos ambientales, como son el manejo de residuos peligrosos, manejo seguro de sustancias químicas, estiba y desestiba de materiales, seguridad e higiene para contratistas, plan de emergencias y dotación de equipo de protección personal.

#### RECOMENDACIÓN

Con base en las recomendaciones relacionadas con los aspectos ambientales significativos detectados en los ingenios, se deberán establecer y mantener dentro de los procedimientos las situaciones operacionales donde se incluyan: *condiciones normales de operación, actividades de mantenimiento, contingencia, legislación, comunicación y control de requisitos pendientes a contratistas y proveedores.*

Además, deberán establecer un formato a seguir para el establecimiento de los procedimientos que incluya: nombre de la empresa, nombre del procedimiento, fecha, alcances, objetivo, contenido, etc.

### PREPARACIÓN Y RESPUESTA A EMERGENCIAS

#### ESTADO PREVIO

Los ingenios cuentan con un departamento de seguridad industrial, el cual tiene entre sus funciones, lle-

var a cabo los pendientes marcados por la Auditoría Ambiental, así como las funciones propias del departamento en cumplimiento con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Cuentan, además, con la Comisión de Seguridad e Higiene y con documentos relacionados con la capacitación para simulacros de emergencia para el personal y las brigadas de emergencias, como son:

- Inventario de extintores, procedimiento de mantenimiento y ubicación.
- Programa de simulacros de emergencias.
- Plano de ruta de evacuación.
- Seguridad y uso de equipo de protección personal.

Por otro lado, actualmente los ingenios no cuentan con un programa específico de protección civil; tampoco con una ruta de evaluación definida y establecida ni con sistemas de alarma para casos de emergencias.

#### RECOMENDACIÓN

Los ingenios deberán establecer y revisar el programa de capacitación 1999-2000 y dar a conocer e incluir todos los temas referentes al control de riesgos y mitigación de accidentes y emergencias.

En estos programas deberá incluirse a todo el personal que trabaja en la empresa, así como al personal de nuevo ingreso, practicantes, contratistas y proveedores. Se debe mantener especialmente capacitada a la brigada de atención a emergencias.

Se deberá verificar el tiempo de respuesta en casos de emergencia; por ejemplo, en incendios. Esto se deberá hacer a través de simulacros y actuación de la brigada de emergencias.

Debido a la extensión de las áreas de trabajo, se puede establecer un programa o sistema de seguridad industrial por departamentos que incluya detección de actos inseguros, utilización del equipo de seguridad, cumplimiento con los reglamentos de seguridad. Esto puede hacerse como parte de la calificación de los grupos de trabajo.

Por la cantidad de sustancias inflamables almacenadas, se recomienda establecer un programa intensivo de señalamiento de contenedores de sustancias peligrosas que incluya toda la información requerida, como:

- Nombre de la sustancia
- Cantidad almacenada
- Rombo de seguridad
- Número de la ONU

#### REFERENTE A LA VERIFICACIÓN Y LAS ACCIONES CORRECTIVAS

La implantación y operación del SAA requiere de la verificación de su funcionamiento y la corrección de los planteamientos no funcionales. Esto permitirá perfeccionar el SAA y llegar a tener un sistema funcional y certificable.

Esta última etapa del SAA consta de cuatro puntos:

- Supervisión y Medición.
- No Conformidad y Acciones Correctivas.
- Registros.
- Auditoría del Sistema de Administración Ambiental.

#### SUPERVISIÓN Y MEDICIÓN

##### ESTADO PREVIO

Los ingenios cuentan con controles en las operaciones de elaboración del azúcar refinada. Asimismo, tienen controles y medidores de los aspectos ambientales más importantes, como son: consumo y descarga de aguas residuales, consumos de combustibles, retorno de condensados, reportes y bitácora de generación de residuos peligrosos y no peligrosos, como la cachaza generada.

Los ingenios cuentan, además, con un procedimiento operativo para actualizar los aspectos legales que en materia ambiental se le aplican. Sin embargo, éste no se encuentra por escrito, como lo exige la norma ISO 14001.

##### RECOMENDACIÓN

El ingenio debe analizar cómo influyen las acciones de los programas mencionados para alcanzar el cumplimiento de los requisitos legales marcados por la PROFEPA. Se recomienda vincular todas las acciones para tener un Programa Ambiental único, cuyos alcances lleguen a los ingenios a:

- Cumplir con la legislación.
- Obtener los ahorros económicos asociados a las acciones de producción limpia.

- Represente el programa de administración ambiental que la norma ISO 14001 estipula.

#### OBJETIVOS Y METAS

##### ESTADO PREVIO

Los ingenios cuentan con buena experiencia en el planteamiento de objetivos y metas, como queda demostrado en el plan de producción y mantenimiento realizado en cada zafra. Cuentan también con la estructura necesaria y con responsables en cada área para llevar a cabo dichos programas.

##### RECOMENDACIÓN

Para cumplir con los requisitos de la norma ISO 14001 se deberán establecer objetivos y metas ambientales:

- En cada nivel y función pertinentes dentro del ingenio.
- Que sean congruentes con los aspectos ambientales identificados y considerados como prioritarios con base en los criterios ambientales que la empresa establezca.
- Que sean realistas y consideren, además de los requisitos legales y otros requerimientos, las opciones tecnológicas, los requerimientos y la disponibilidad financiera, operativos y de negocios de los ingenios.

#### PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

##### ESTADO PREVIO

El único programa ambiental que se está implantando a la fecha es el derivado de la Auditoría Ambiental, realizándose a través de la Coordinación de Saneamiento Ambiental y los responsables de cada área.

##### RECOMENDACIÓN

Una vez que los ingenios establezcan los objetivos y metas, necesitarán describir de manera detallada las acciones para el cumplimiento de dichas metas y objetivos. Para tal efecto, el ingenio deberá:

- Designar al responsable de la implantación del SAA.
- Estructurar las acciones que comprenderán el Programa de Administración Ambiental.
- Designar responsabilidades de cada una de las

acciones en cada función y nivel pertinente del ingenio, además de una calendarización de dichas acciones para cumplir las metas en los tiempos establecido.

- Documentar dicho programa, basado en el organigrama actual del ingenio y especificando a los

responsables de supervisar el cumplimiento de las acciones.

- Establecer grupos de trabajo que se enfoquen a los aspectos significativos: agua, agua residual, materiales peligrosos, residuos y suelo, riesgo, ruido, y energía.

## MEDIDAS ENFOCADAS A LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

La administración de la energía, o administración energética, requiere de un conocimiento de los bienes o insumos en cuestión. Este conocimiento obliga al establecimiento de compromisos generales por parte de la dirección de la empresa, y compromisos particulares por parte de todos y cada uno de los usuarios de los energéticos. Dentro de los objetivos inherentes a la administración energética, se definen las bases que nos permitirán contabilizar los logros en cuestión de ahorro de energía.

De los compromisos que se deben establecer a nivel Dirección se mencionan los siguientes:

- Formar un comité de administración energética responsable de registrar la información completa e histórica de los energéticos utilizados, así como de los equipos intensivos en consumo.
- Nombrar a una persona responsable del comité, con la jerarquía y autoridad suficientes para garantizar el cumplimiento de los compromisos y obligaciones acordados.
- Proponer e implantar una base de información energética que contenga la información completa e histórica de los energéticos utilizados, así como de los equipos de consumo intensivo.
- Establecer metas generales y particulares de ahorro de energía dentro del Ingenio; metas generales como reducir el consumo de combustóleo en un 5%, y metas particulares, por ejemplo, reducir el consumo de energía eléctrica por reemplazo de iluminación a partir del siguiente período de zafra.
- Comprometer recursos, tanto económicos como humanos, para poder mantener al comité de administración energética.

El comité de administración energética deberá encargarse del seguimiento y evaluación de aspectos tales como:

- Vigilar y contabilizar la compra y distribución de los energéticos.
- Crear una base de datos con todos los consumos históricos de energía.
- Dar seguimiento a los costos de energía y datos de consumo. Dicha información deberá resumirse en un informe mensual en el que se establezca el consumo de combustible, el consumo de bagazo, el costo específico global del combustible empleado, el consumo de energía eléctrica, la demanda máxima, el factor de potencia. Además, se deberá explicar e informar de cualquier avance o retroceso sobre las metas fijadas.
- Evaluar la necesidad de ajustar o redefinir las metas fijadas. (Por ejemplo: quizá una meta consistía en lograr la disminución del consumo global de combustible en un 5%, y el resultado pudo haber sido una disminución neta del 3.5%, por lo cual aquí habría que reevaluar la siguiente meta mensual.
- Establecer una estructura de revisión formal del comité que incluya:
  - Formatos de verificación.
  - Aplicación del sistema de informática energética.
  - Evaluación periódica del trabajo realizado para determinar si el comité continúa avanzando o empieza a estancarse.

Para realizar algunas de las tareas anteriores es necesario que el personal conozca y se actualice constantemente en los temas de las responsabilidades asignadas. Es decir, se deberá evaluar periódicamente el desempeño del sistema de administración de energía.

También sería responsabilidad del comité proponer que los equipos de nueva adquisición fueran de alta eficiencia y que sus características cumplieran realmente con los requisitos; por ejemplo, verificar la existencia de quemadores eficientes en los equipos de combustión y que sean adecuados para operar en calderas donde se

quema bagazo y/o combustóleo; asimismo, determinar si es mejor utilizar un mayor número de equipos basando su funcionamiento en turbinas de vapor y/o en energía eléctrica, etc.

Una tarea importante del comité es el establecimiento de metas, pero sobre todo, cuidar que éstas reúnan las siguientes características:

- Que sean ambiciosas, es decir, que presenten retos con cierto grado de dificultad, pero alcanzables.
- Que establezcan fechas específicas de inicio y conclusión.
- Que estén orientadas a la obtención de resultados.
- Que sean acordadas por el personal involucrado, estableciendo fuertes compromisos entre los encargados de desarrollar el trabajo, los responsables de supervisarlos y la dirección del comité.
- Que sean cuantificables, es decir, susceptibles de medirse a través del establecimiento de algún método para medir avances.

#### RECOMENDACIONES DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El comité de administración energética deberá, de manera prioritaria, asignar responsables y responsabilidades para los principales equipos y sistemas de consumo de energía. A continuación, se describen algunos de los más importantes equipos y sistemas de consumo energético, clasificados según el tipo de energético.

#### ÁREA ELÉCTRICA

En el área eléctrica existen varios aspectos que deben considerarse dentro de las prácticas operativas de los ingenios. De manera general, se presentan las recomendaciones para cada sistema eléctrico.

##### *Sistema de Aire Comprimido*

Se recomienda que el responsable del funcionamiento de estos equipos se encargue de los siguientes aspectos:

- Revisar la línea de distribución de aire comprimido con el fin de detectar fugas y tramitar la reparación de las que llegara a encontrar.
- Revisar los equipos que utilizan aire comprimido, para reportar a la persona designada las posibles fallas en el suministro

- Revisar los tanques acumuladores para evitar la acumulación de agua, resultado de la condensación
- Asegurar que la ubicación de los equipos sea la adecuada, con el fin de evitar que la succión del aire ocurra en la zona de más alta temperatura.

Adicionalmente, se sugiere que cuando se planea la sustitución de compresores, se analice la posibilidad de instalar un compresor de tornillo que sustituya a los que operan hoy. En la actualidad, el FIDE otorga incentivos en la compra de compresores de tornillo por ser equipos de alta eficiencia, por lo que la compra de éstos resulta atractiva debido al monto que puede recuperarse al adquirirlo.

##### *Sistema de Alumbrado*

Al igual que en el caso anterior, se requiere de personal encargado que cuide los siguientes aspectos en la iluminación:

- Reportar fallas en el sistema de alumbrado.
- Verificar el correcto funcionamiento de los sistemas de control (*fotosensores, timers* y apagadores).
- Realizar recorridos por todas las instalaciones para verificar que no haya lámparas prendidas innecesariamente, y en caso contrario, apagarlas.
- Reemplazar las lámparas inservibles por lámparas nuevas del mismo tipo y potencia.
- Verificar en las áreas donde haya láminas traslúcidas, que éstas estén limpias.

##### *Sistemas Electromotores*

El encargado del funcionamiento de los motores eléctricos deberá medir con regularidad los siguientes parámetros eléctricos, en función del equipo de medición disponible:

- Voltaje entre fases y de fase a tierra.
- Corriente por fase.
- Potencia por fase y total.
- Factor de potencia por fase y total.

Las mediciones realizadas en los motores deberán ser capturadas para mantener un registro de estos parámetros por cada motor. Esta acción permitirá predecir posibles fallas de los motores.

##### *Sistemas de Aire Acondicionado*

El encargado del aire acondicionado deberá realizar las siguientes tareas:

- Elaborar un registro de todos los equipos de aire acondicionado existentes, clasificados por tipo de unidad: unidades de ventana, unidades paquete, unidades *manejadoras* de aire, etc.
- Registrar la frecuencia y tipo de mantenimiento.
- Revisar y registrar periódicamente el estado de los *ductos* y rejillas de distribución.
- Verificar periódicamente la temperatura en los termostatos de modo que no sea inferior a 18°C (para el caso de la Ciudad de México), a menos que así lo requiera específicamente el área, ya que cada grado de temperatura por debajo de este límite repercutirá en un mayor consumo de energía eléctrica en estos equipos.

### Sistema de Distribución Eléctrica

El personal encargado del sistema eléctrico deberá:

- Contar con el inventario de todos los equipos que utilizan electricidad, incluyendo los datos técnicos de diseño (contenidos en la placa).
- Inspeccionar regularmente las instalaciones eléctricas, poniendo especial cuidado en los interruptores para detectar falsos contactos, interruptores demasiado cargados, *desbalanceos de fases*, caídas de voltaje, conductores mal seleccionados, líneas *energizadas* que ya no se utilizan, instalaciones provisionales que deban sustituirse por instalaciones fijas adecuadas, etc.
- Inspeccionar el transformador verificando el voltaje de fase a neutro y entre fases, con el fin de garantizar que se tenga un voltaje adecuado (440 ó 220 volts), ya que un voltaje diferente al de diseño de los equipos repercute en una menor eficiencia. Asimismo, se debe verificar la corriente por fase y procurar que se tenga un balanceo de cargas adecuado.
- Revisar el sistema de tierras y reportar los equipos que carezcan del mismo. Las bombas exteriores son un ejemplo de esto.

### ÁREA TÉRMICA

Con respecto al área térmica, antes de asignar responsabilidades específicas, es necesario cubrir los siguientes puntos:

- Contar y/o elaborar los diagramas de la red de distribución de vapor y de retorno de condensados.
- Elaborar un inventario de los equipos consumidores de combustible y vapor.

### Generadores de Vapor

El personal encargado del departamento de calderas debe cerciorarse que el mantenimiento incluya:

- Pruebas de combustión en los generadores.
- Verificación del equipo de combustión.
- Inspección de aire y registros.
- Inspección de orificios de inyección de gas y verificar que no haya obstrucción en los conductos.
- Limpieza de filtros de combustibles líquidos.
- Inspección de quemadores (observar si han sufrido distorsiones por *sobrecalentamiento*, o si tienen depósitos de coque y gomas).
- Inspección del difusor (impulsor) del quemador (que no esté dañado y que esté correctamente ubicado con respecto a la boquilla del cañón del quemador).
- Verificación de las condiciones del aire o vapor de atomización.
- Verificación de la forma de la flama
- Revisión de las condiciones de la tubería
- Revisión de las condiciones y operación de molinos alimentadores y transportadores.
- Revisión de aislamiento de calderas, *ductos* y tuberías.
- Limpieza de mirillas, puertas de observación e inspección de hornos, etc.
- Inspección de sopladores de hollín.
- Limpieza de las superficies del lado del fuego.
- Verificación de la correcta operación de los entrelaces de seguridad del generador y los circuitos de disparo.
- Verificación de que los indicadores de aire y gas estén calibrados y funcionando correctamente.
- Verificación de la operación precisa y suave de los elementos de control.
- Revisión de la correcta operación de los mecanismos de control en todas las compuertas, válvulas y alimentadores.
- Calibración de todos los instrumentos de medición, entre otros.
- Inspección del hogar del generador.

### Líneas de Distribución de Vapor y de Retorno de Condensados

El punto a cubrir es el siguiente:

Revisar el estado del aislamiento identificando:

- Los tramos carentes de aislamiento.
- El aislamiento deteriorado o húmedo.

- Las fugas de vapor o de condensados.
- El funcionamiento del retorno de condensados (hay que verificar, además, si existen recorridos innecesarios).

#### *Trampas de Vapor*

Se debe verificar el correcto funcionamiento de las trampas de vapor, tanto en las líneas de distribución como en las trampas a la entrada y salida de equipos; reportar las trampas que necesiten mantenimiento o reemplazo y co-

roborar si es necesario instalar trampas adicionales para el correcto funcionamiento del sistema de distribución de vapor.

#### *Sistema de agua y productos calientes*

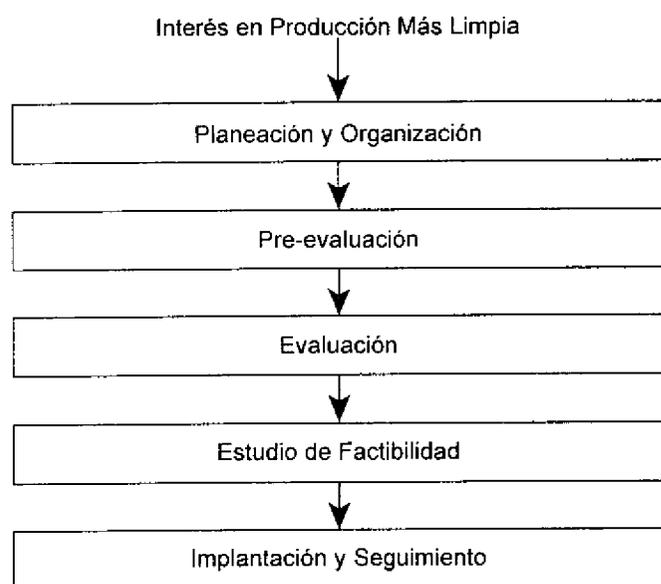
- Verificar el estado del aislamiento de todos los tanques, así como el de su línea de distribución.
- Reportar fugas.
- Verificar la temperatura a la que realmente se requiere.

## CAPÍTULO III

# METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN INGENIOS AZUCAREROS

La técnica de P+L sigue la metodología de la ONUDI, la cual consiste en la realización de una evaluación que permite identificar las oportunidades para usar mejor los materiales; minimizar la generación de residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía, disminuir los costos de operación de las plantas industriales, mejorar el control de proceso e incrementar la rentabilidad de la empresa.

### METODOLOGÍA DE P+L



Esta metodología se compone de cinco fases.

Para poder desarrollar e implementar el programa de P+L, es primordial que exista el interés y el compromiso, por parte de los directivos, en implantar en sus instalaciones industriales la P+L, que a su vez se traducirá en un SAA para asegurar un proceso de mejora continua.

### FASE 1. PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Las actividades a desarrollar en esta fase son las siguientes:

1. Obtener el compromiso de la gerencia y de todo el personal del Ingenio.
2. Organizar el equipo del proyecto de P+L.
3. Definir metas de P+L en el Ingenio.
4. Identificar barreras y soluciones presentes en el proyecto de P+L.

#### *Actividad 1. Obtener el compromiso de la gerencia y de todo el personal del Ingenio*

Para poder realizar con éxito el programa de P+L y se pueda cumplir con los objetivos planeados, resulta de prioridad vital obtener el compromiso por parte de gerencia y de todo el personal involucrado en el proceso. Esto no sólo para iniciar, sino para asegurar su implantación, continuidad y mejora. Entre los puntos a desarrollar en esta actividad, se cuentan los siguientes:

- Destacar los beneficios económicos que son alcanzados al implantar esta metodología.
- Resaltar el hecho de que, al reducir las descargas contaminantes, automáticamente se obtendrán ahorros económicos, además de una mejor imagen pública del Ingenio y el cumplimiento de las normas ambientales vigentes.

Como parte del compromiso que debe cumplir la gerencia, para alcanzar resultados reales, es necesario:

- Integrar un equipo de P+L dentro del Ingenio, el cual será el responsable de la coordinación del programa y la implantación de las medidas de ahorro recomendadas.

- Designar a un representante del equipo de P+L, que tenga la jerarquía y autoridad para garantizar la realización del programa.
- Definir claramente las metas del programa de P+L dentro del Ingenio, a todos los niveles, además de estimular la participación de todos los empleados involucrados en el proceso de producción.

Es importante que exista una relación muy estrecha de comunicación y cooperación mutua entre el equipo de trabajo integrado por el personal del CMP+L y el del ingenio, lo cual facilitará el acceso a las instalaciones, información y datos útiles sobre los procedimientos y actividades en el ingenio.

#### *Actividad 2. Organizar el equipo del proyecto de P+L*

El diagnóstico de P+L se realizará en diferentes áreas y departamentos dentro del ingenio. Por tal razón, la creación de un equipo de trabajo de P+L resulta indispensable para desarrollar, coordinar y supervisar todas las actividades referentes al proyecto. Se debe tratar de incluir en el mismo a representantes de todas las áreas involucradas en el proyecto y, en especial, a las áreas involucradas con el medio ambiente. La integración adecuada del equipo dependerá del tamaño y la estructura organizacional del ingenio. Se recomienda, además, identificar los posibles consultores externos que participarían en el proyecto, ya que algunas oportunidades específicas que se encuentran en el diagnóstico requieren de conocimientos especializados, lo cual es difícil de apreciar en la primera revisión del proceso que realiza el equipo interno. Las características que debe reunir este equipo son, principalmente:

- Conocimientos técnicos sobre los procedimientos involucrados en el proceso productivo del ingenio, para poder analizar las operaciones actuales del mismo.
- Capacidad para identificar las oportunidades de ahorro de materias primas, agua y energía; además de las medidas de prevención de la contaminación.
- Capacidad para proponer su posible solución, así como desarrollar las medidas e implementarlas.
- Autoridad para implantar los cambios de mejora detectados.

En cada etapa del programa de P+L se tiene que contar con el apoyo y la colaboración de todos los empleados involucrados, dado que ellos tienen un conocimiento

detallado de las actividades operativas que desempeñan. Por tal razón, es necesario asegurarse que todos los miembros del equipo comprenden el concepto de P+L; a la vez, hay que acentuar la importancia de realizar una evaluación sistemática en cada etapa del proceso que impacte ambiental y económicamente.

La persona responsable del equipo, generalmente asignada por la Dirección, tiene a su cargo las siguientes funciones:

Coordinar todas las actividades referentes al proyecto de P+L

Fungir como enlace entre el equipo y los niveles directivos y operativos del ingenio

Asumir la responsabilidad de la aplicación de las medidas y del logro de las metas establecidas para el proyecto.

El equipo tendrá que dar a conocer los resultados y éxitos del programa de P+L para conservar a largo plazo el apoyo y el entusiasmo de la gerencia y de todo el personal del ingenio.

#### *Actividad 3. Definir metas de P+L en el Ingenio*

La definición de las metas se hará de acuerdo a las características del equipo formado, para que el proyecto sea mejor comprendido en sus alcances y posibilidades de implementación de P+L en el ingenio. Estas metas deben ser estudiadas a fondo, ser lo suficientemente ambiciosas para motivar a un cambio y esfuerzo significativo respecto a la P+L, ser realistas y mensurables para cuantificar los logros alcanzados, y presentar mejoras ambientales y/o económicas que resulten atractivas para la empresa. Las metas a corto plazo deben ser realistas, en tanto que las de largo plazo deben significar un reto.

Existen algunos indicadores útiles para poder establecer las metas de P+L. Entre ellos destacan los siguientes:

- Estándares internos de productividad
- Consumo de agua, energía, generación de residuos.
- Condiciones de operación y proceso (controles, registros, datos históricos).
- Tecnología de vanguardia.
- Legislación ambiental.

**Actividad 4. Identificar soluciones en el proyecto de P+L**

Dentro de las primeras actividades a desarrollar por el equipo de P+L estará la identificación de obstáculos que podrían impedir el éxito del programa en el Ingenio. Los obstáculos que se pueden presentar al inicio de un programa de P+L son, por ejemplo:

- Diferencia de conceptos y actitudes entre la gerencia y los empleados.
- Falta de comunicación entre las diferentes áreas del ingenio.
- Funcionamiento financiero del ingenio
- Situación actual de la tecnología en el ingenio.
- Resistencia al cambio por parte de los empleados.
- Falta de capacitación para ejecutar las actividades correctamente.

Una vez identificadas estas barreras, el siguiente paso es encontrar las soluciones y tratar de vencer las barreras u obstáculos detectados. Como primer paso es importante concientizar a todos los involucrados sobre los beneficios de la P+L y hacer hincapié en que la evaluación de P+L no es un proceso de asignación de culpas, sino más bien un proceso en el que todos se sienten libres y cómodos para presentar sus sugerencias e ideas. Otras soluciones a las barreras pueden ser:

- Presentar la P+L como un reto para el desarrollo positivo del ingenio.
- Presentar la P+L como una parte integrada al desarrollo de cada una de las actividades del ingenio.
- Hacer hincapié en que los cambios sin costo, o de bajo costo, son fáciles de implantar.
- Presentar historias de casos exitosos en otras instituciones del mismo sector.
- Reunir información sobre tecnologías alternativas o sus sustitutos, implantadas con éxito.

Si el equipo de diagnóstico cuenta con experiencia en la conducción de proyectos de P+L, muchas veces identificará rápidamente los problemas y limitaciones dentro del ingenio. Sin embargo, es aconsejable proceder con mucha discreción al presentar este tipo de observaciones. Una Dirección abierta y comprometida con el proceso de P+L facilitará la presentación de ideas del equipo de diagnóstico.

Finalmente, los obstáculos que no puedan ser superados en esta etapa del programa deberán ser considerados

nuevamente en la etapa de evaluación de las opciones generadas en el diagnóstico del ingenio.

**FASE 2. EVALUACIÓN PREVIA DEL DIAGNÓSTICO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

Una vez concluida la fase de Planeación y Organización, es indispensable realizar una evaluación previa de P+L para obtener los datos y las bases técnicas y financieras necesarias para la realización del proyecto. Las actividades específicas a desarrollar son:

5. Recopilar información sobre las actividades operativas del ingenio.
6. Definir y evaluar las actividades en el Ingenio.
7. Definir el enfoque del diagnóstico.

**Actividad 5. Recopilar información sobre las actividades operativas del ingenio**

Dentro de esta actividad, el equipo de P+L debe familiarizarse con las actividades del Ingenio y recopilar toda la información necesaria para tener una mejor comprensión que facilite la generación de medidas de ahorro. Para lograr lo anterior, se deben dar los siguientes pasos:

- Recopilar información general sobre los equipos de proceso, actividades productivas y administrativas del Ingenio, aspectos ambientales relacionados con dichos procesos, y estudios de prevención de la contaminación, ahorro del agua o de eficiencia energética (eléctrica y térmica), cambios tecnológicos o de mejora al proceso o a los equipos programados.
- Recopilación de información sobre las actividades del Ingenio tales como:
  - Organigrama del ingenio.
  - Producción.
  - Capacidad de molienda.
  - Diagrama de flujo del proceso y servicios.
  - Corridas de zafra.
  - Consumo y costo de agua, combustóleo, energía, eléctrica, etc.
  - Costos de productos químicos empleados en el proceso.
  - Inventario de residuos.

Cantidad y origen de los desechos generados en el ingenio.

Costos por tratamiento y disposición de los residuos peligrosos.

Programa de protección ambiental.

Programas ambientales y administración ambiental existentes.

Esta recopilación de datos será complementada a mayor detalle durante la realización del diagnóstico y servirá tanto para definir las áreas de oportunidad hacia donde se enfocarán los recursos y esfuerzos del equipo de diagnóstico, como para controlar y evaluar los avances logrados con la implantación de medidas de ahorro (materia prima e insumos) y prevención de la contaminación identificadas e implantadas.

- Entrevistar al personal administrativo, evaluando el nivel de conocimiento técnico y práctico, sensibilización del mismo, en cuestiones ambientales, definiendo las necesidades y características de capacitación en los diferentes niveles jerárquicos.
- Investigar los aspectos legales vinculados a la operación del Ingenio. Se revisará que dichos requerimientos normativos se encuentren completos y actualizados, así como la disponibilidad de los mismos.
- Llevar a cabo una inspección general de los procedimientos auxiliares del Ingenio (cuarto de máquinas, equipo, mantenimiento, seguridad industrial, compras, etc.) con el fin de entender todas las actividades operativas y sus interrelaciones administrativas.

#### *Actividad 6. Definir y evaluar las actividades en el Ingenio*

Para definir y evaluar las actividades de P+L y de Administración Ambiental dentro del ingenio, el equipo de diagnóstico debe seguir los siguientes pasos:

- Analizar el esquema administrativo del Ingenio para identificar las funciones y responsabilidades en cada nivel del organigrama y ver la relevancia del factor ambiental en el mismo.
- Dividir las actividades productivas del Ingenio en operaciones unitarias<sup>11</sup>. Esto dará una idea de las actividades operativas que se lleven a cabo en cada una de ellas.

Elaborar, de ser posible, un diagrama de flujo de cada procedimiento, en el cual se detalle la secuencia de operaciones unitarias que transforman las materias primas e indicar las entradas y salidas de cada servicio o procedimiento. Este diagrama de flujo servirá para identificar todas las fuentes de residuos sólidos, líquidos o emisiones gaseosas generados.

- Figura No. 4, muestra esquemáticamente un ejemplo de un diagrama de flujo
- Cuantificar las entradas y salidas en cada uno de los procedimientos unitarios para identificar las medidas obvias de mejora y estimar el costo de cada flujo importante de desechos.
- Evaluar los aspectos ambientales significativos, donde se analizarán los siguientes parámetros:
  - manejo integral de residuos -peligrosos y no peligrosos-
  - emisiones a la atmósfera.
  - descargas de aguas residuales.
  - utilización de recursos (energía, agua, materias primas y combustóleo).
  - contaminación del suelo y subsuelo.

Revisar los documentos legales y de regulación ambiental vinculados a las actividades del ingenio

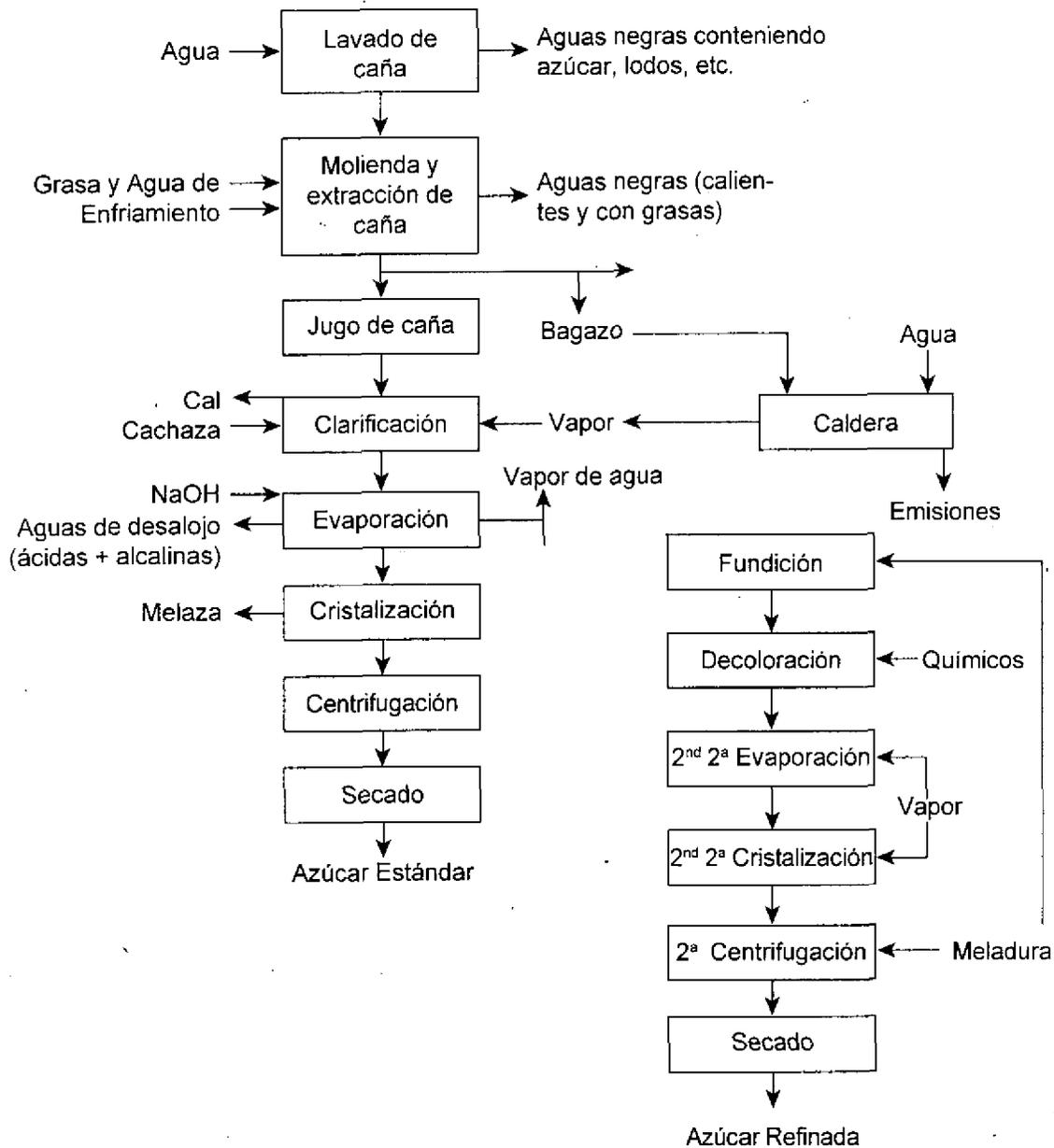
La planificación consiste en la elaboración de un plan para satisfacer el compromiso ambiental. Durante esta etapa, se deberán identificar los impactos ambientales significativos causados por las actividades, servicios y procedimientos del ingenio; también se identificarán algunos estándares y requerimientos legales aplicables al Ingenio. Posteriormente se establecerán los objetivos y metas que serán cuantificados por medio de programas de P+L. Algunos aspectos a considerar en la planificación se explican a continuación.

#### *Aspectos Ambientales*

El Ingenio establecerá y actualizará los procedimientos necesarios para el control de los aspectos ambientales significativos implícitos en sus actividades o servicios tales como agua, agua residual, energía, emisiones a la atmósfera, ruido y riesgo. Esta evaluación deberá actualizarse

<sup>11</sup> Una operación unitaria puede definirse como un equipo o área del servicio donde se introducen los materiales, ocurre una función y se extraen los materiales, posiblemente en diferente forma, estado o composición.

Figura No. 4. Diagrama de flujo de proceso en la producción de azúcar



constantemente con el fin de que aspectos potenciales de nuevas actividades y servicios sean considerados en los objetivos y metas ambientales del Ingenio.

**Aspectos Legales**

El cumplimiento de los requerimientos legales es uno de los componentes clave de la política ambiental en el ingenio, y como tal debe ser considerado dentro de la planificación del programa de SAA. El costo del no-cumplimiento de los requerimientos legales, en términos económicos, imagen pública, y posible daño al medio ambien-

te, puede llegar a ser muy alto. Por tales razones, el ingenio establecerá y mantendrá un procedimiento para identificar y acceder a los requerimientos legales aplicables a sus actividades y servicios.

Los requerimientos legales serán analizados para definir su aplicabilidad, para posteriormente ser comunicados al personal del ingenio. Dentro de estos requisitos se incluyen:

- Requerimientos nacionales.
- Requerimientos regionales y/o locales.
- Permisos y licencias.

Otros requerimientos incluyen:

Reglamentos específicos para el sector azucarero.  
Estándares pertinentes.  
Otros códigos y/o estándares a los cuales se atenga el ingenio.

- Revisar los procedimientos que se desarrollan en el ingenio, con el fin de identificar las medidas obvias de ahorro de materia prima, agua, energía y de prevención de la contaminación. Dentro de estas medidas obvias de P+L se incluyen por ejemplo:

La eliminación de fugas de vapor, aire comprimido y agua.

El cumplimiento con los parámetros e instrucciones de procedimientos establecidos para la operación de equipos y análisis.

La prevención de desperdicio de materias primas.

Estas actividades se facilitan y enriquecen cuando se cuenta con un técnico del ingenio que conoce todos los detalles del proceso y procedimientos o servicios del mismo.

#### *Actividad 7. Definir el enfoque del diagnóstico*

La información obtenida en las etapas precedentes sirve para evaluar todos los procedimientos y seleccionar las áreas prioritarias para la implantación de P+L. La selección de las áreas prioritarias puede basarse en la importancia relativa de los siguientes criterios:

- Situación actual en el programa de administración ambiental.
- Tipo y cantidad de desechos sólidos, líquidos o emisiones gaseosas generados por las operaciones (por ej., residuos tóxicos o peligrosos).
- Costo de tratamiento o disposición final de los residuos.
- Elevado consumo energético: electricidad, combustible, vapor, aire comprimido.
- Consumo y costo de agua potable, o tratada.
- Posibilidad de aplicar medidas efectivas de P+L a las actividades operativas.

El equipo de diagnóstico debe equilibrar los deseos y las prioridades del ingenio, el presupuesto del diagnóstico, la experiencia de los integrantes del equipo auditor y otras limitaciones, para llegar a preparar un plan de trabajo del diagnóstico que satisfaga la mayor parte de las dife-

rentes condiciones bajo las cuales se está desarrollando el trabajo.

### **ETAPA 3. EVALUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS PRIORITARIOS DEL INGENIO**

Los objetivos principales de esta etapa del proyecto de P+L son evaluar las principales actividades y desarrollar opciones de administración ambiental, prevención de la contaminación, ahorro de materia prima, agua y energía. Las actividades a desarrollar dentro de esta etapa son:

1. Elaborar el balance de materiales, agua y energía.
2. Definir las causas de los flujos que generan los flujos de contaminantes y las desviaciones energéticas o consumos excesivos de materia prima y/o agua.
3. Desarrollar opciones de P+L.
4. Pre-seleccionar las opciones generadas.

Este proceso de evaluación requiere de la cuantificación y caracterización de los flujos de desechos y la determinación de las causas de las desviaciones en las operaciones y actividades del ingenio.

#### *Actividad 8. Elaborar el balance de materiales, agua y energía*

La realización del balance de materia permitirá la identificación y cuantificación de las pérdidas o emisiones antes desconocidas. Ello servirá para la generación de las medidas de ahorro. Este balance no solamente sirve para evaluar las entradas o salidas de materiales y/o productos y subproductos, sino también los costos relacionados con éstos. La comprensión de estos costos puede convencer a la gerencia sobre la conveniencia de aprobar e implantar las medidas encontradas.

Para la realización de estos balances, el equipo de diagnóstico tendrá que realizar las siguientes operaciones:

- Subdividir las áreas de servicio o establecer los procedimientos complejos en un número adecuado de procedimientos individuales.
- Establecer la función y los parámetros de control (tiempos, temperatura, presión, pH, etc.) en cada procedimiento.

- Evaluar los procedimientos bajo condiciones normales de operación para conocer su funcionamiento y el límite de las responsabilidades de los diferentes trabajadores. Entrevistarse con éstos para aclarar dudas y probar nuevas ideas
- Definir los patrones de operación de los equipos utilizados.
- Medir las entradas de insumos en cada procedimiento. Ejemplos posibles de mediciones energéticas son: el flujo y temperatura de agua, vapor o fluidos térmicos que entran en un procedimiento; los parámetros eléctricos de los motores, resistencias o equipos que estén directamente relacionados con el procedimiento; y el flujo y presión de aire comprimido. Ejemplos posibles de mediciones de materias e insumos son: el consumo de productos químicos, catalizadores, agua y gases (aire, etc.).
- Medir las salidas o pérdidas de materiales en cada procedimiento, de la misma forma que se realizó en el punto anterior. Ejemplos de mediciones de materias y desechos son: cantidad y tipo de desechos sólidos, líquidos, emisiones gaseosas generadas, consumo del agua, flujos y calidad de aguas residuales; y pérdidas accidentales (derrames, fugas).
- Combinar los datos de las entradas y salidas de materiales en cada procedimiento para obtener un balance preliminar de materiales, agua y energía. Se deberán identificar, verificar y corregir las diferencias o anomalías encontradas en cada balance, y detallar con más atención los balances que involucren desechos tóxicos, peligrosos o costosos.

El equipo tiene que entender y analizar el procedimiento desde diferentes puntos de vista teórico-prácticos del ingenio, de los trabajadores y de medio ambiente. Llegar a entender los detalles y poder proponer cambios requiere de una amplia comprensión, que sólo puede provenir de una buena preparación, investigación en el sitio, mediciones, y discusión con los técnicos y los operadores. El último criterio es la experiencia con procedimientos idénticos o similares en otras condiciones o sitios.

Por lo tanto, la participación de un experto en el proceso es una contribución valiosa al trabajo del equipo de diagnóstico. La Tabla No. 4, proporciona un ejemplo de la recopilación de información necesaria para la evaluación.

*Actividad 9. Definir las causas que generan los flujos de contaminantes y las desviaciones energéticas o consumos excesivos de materia prima y/o agua*

Además de detallar cada procedimiento y cuantificar sus entradas y salidas, es también necesario identificar los factores responsables de las desviaciones en los mismos. El balance de materiales debe proporcionar las respuestas a las interrogantes dónde, por qué y cuánta materia prima, agua y energía se pierde. Los principales criterios que afectan el rendimiento ambiental y energético en las operaciones son:

- La selección y calidad de las materias primas e insumos: el uso de materias primas baratas que no cumplen con las normas, sistemas de administración

**Tabla No. 4. Información necesaria para le evaluación de un procedimiento de clarificación**

Producto	Cantidad Costo (kg / Zafra)	Unitario (\$/kg)	Costo Total (\$)
Biocida EQ-501	8,000	17.16	\$137,280
Cal Hidratada	1,000,000	0.55	\$550,000
Ac. Fosfórico al 85%	140,000	4.50	\$630,000
Floculante Polifloc EQ-510	5,000	45.50	\$227,500
Anti-incrustante EQ-520	20,000	17.20	\$344,000
Sosa líquida	100,000	1.60	\$160,000
Ac. Clorhídrico	15,000	1.30	\$19,500
Alcohol Industrial	1,800	7.00	\$12,600
Decolorante EQ - 560	37,500	32.87	\$1,232,625
Carbón Activado	74,000	14.98	\$1,108,520
Floculante A6XL	1,050	49.68	\$52,164

de compras y almacenamiento inadecuado, y escasez de materiales.

- La selección del equipo de análisis: funcionamiento inadecuado del equipo, empleo de la misma tecnología, a pesar de los cambios en la materia prima, y falta de información.
- Las condiciones de operación del equipo (parámetros de control y de mantenimiento): falta de mantenimiento preventivo o correctivo, carga inferior a la óptima, operación en condiciones anormales, fugas en las válvulas, tuberías, etc.
- La eficiencia del procedimiento; adopción de pasos innecesarios o falta de información.
- La supervisión de las operaciones: falta de disponibilidad de mano de obra calificada, operaciones rituales, carencia de capacitación, inseguridad laboral, dependencia creciente de la mano de obra eventual.
- La habilidad y la motivación de los trabajadores: carencia de reconocimientos, hincapié en los procedimientos, mas no en la gente; y falta de compromiso por parte de la Dirección ejecutiva.
- La posibilidad de reutilizar o reciclar los flujos de desechos (existencia de un manejo inadecuado de residuos y falta de recuperación de la energía).

Para identificar las causas de las ineficiencias, el equipo tendrá que determinar el impacto de cada uno de estos criterios sobre los flujos de desechos y el desperdicio de agua o energía. Para lograrlo, el equipo consultará e involucrará en esta evaluación a los operadores, técnicos, supervisores o responsables de un área o servicio.

Con ello será posible determinar las mejoras en los procedimientos analizados y asegurar que sus ideas sean factibles y aceptadas.

#### *Actividad 10. Desarrollar opciones de P+L*

Una vez que se tiene la información sobre las causas de las desviaciones, ésta servirá como punto de partida en la generación de opciones. Es decir, una vez que se conocen las fuentes y causas de la generación de residuos, emisiones, consumo de materia prima, agua y gastos energéticos, la evaluación entra en una fase creativa. El equipo del diagnóstico deberá buscar ahora las posibles maneras de incrementar la eficiencia y eliminar o reducir al mínimo residuos, emisiones y pérdidas de materia prima, agua y energía. Encontrar opciones depende del conocimiento y la creatividad de los miembros del equipo, muchas de las cuales surgen de la educación y experien-

cia de trabajo de cada uno de ellos. Estas medidas de ahorro pueden caer dentro de los siguientes criterios:

- Medidas rápidas al alcance de todos: reparar todas las fugas, mantener los registros cerrados, evitar desperdicios y derrames.
- Sustitución de insumos: utilización de materiales menos tóxicos o renovables con mayor tiempo de vida de servicio. Dentro de éstos tenemos el empleo de la limpieza de caña en lugar de los métodos húmedos, y el recicló del agua de lavado de gases de chimeneas previa separación de sólidos en lugar de utilizar agua limpia.
- Mejor control de proceso: modificación y ordenamiento de los procesos de trabajo para llevar un mejor control y manejo más eficiente, minimizando residuos y emisiones al medio ambiente. Dentro de éstos tenemos la adopción de mejores prácticas para el quemado del bagazo, el mantenimiento de los parámetros de proceso (presión, temperatura, etc.) tan cerca como sea posible de los niveles deseados con instrumentación básica mínima en tachos, para evitar arrastres y pérdidas de azúcar.
- Modificación al equipo: estudiar la posibilidad de incorporar mejoras tecnológicas en el equipo y sistemas existentes; tales como instrumentos de medición y control; instalar bombas de vacío y circuitos cerrados de agua de inyección a condensadores evaporativos; y utilizar tanques de almacenamiento de capacidad apropiada para evitar derrames.
- Cambios de tecnología: remplazo de tecnologías existentes, revisión de secuencias de proceso para reducir residuos y emisiones durante la operación. Dentro de estos cambios tenemos la automatización integral en los evaporadores y tachos para reducir la caramelización y espumeo, cuidando la calidad de la meladura. Aplicar grasa y lubricantes de buena calidad en engranes y transmisiones mecánicas, para minimizar fugas.
- Recuperación y/o reutilización en planta: reutilización de materiales gastados en el mismo proceso o como materia prima para otros distintos, tales como reutilizar el agua de rechazo de condensadores mediante la instalación de torres de enfriamiento o enfriadores abiertos. Reutilizar condensados impuros (contaminados con azúcar) para agua de imbibición en molinos.
- Industrialización de co-productos: aprovechamiento de los productos derivados y co-productos, mediante la promoción de procesos alternos, dentro de

los cuales tenemos el aprovechamiento de bagazo, cachaza y melaza y aprovechamiento de la punta verde de la caña en el campo.

- Modificación o reformulación de productos: modificación del o de los productos principales, para evitar impactos dañinos al ambiente, entre los cuales tenemos la industrialización del jugo de caña pasteurizado para bebidas de escolares (en sustitución de bebidas coloreadas y con saborizantes artificiales), producción de azúcar líquida y/o jarabes en lugar de azúcar cristalizada.

Una vez que se hayan determinado las medidas que deben aplicarse para mejorar la eficiencia de un procedimiento, el equipo podrá empezar a elaborar opciones para su realización.

#### *Actividad 11. Pre-seleccionar las opciones generadas*

Después de una fructífera "lluvia de ideas", éstas se seleccionan y clasifican. Las medidas más prometedoras se sujetan a un estudio de factibilidad. Las ideas confusas se deberán aclarar, las opciones similares o duplicadas se deben agrupar y todas las opciones se deben cuestionar para asegurar que sean realmente opciones de P+L. En esta etapa no se debe abandonar ninguna opción, a menos que resulte obviamente poco factible.

Con el fin de ordenar estas opciones, se pueden desarrollar los siguientes puntos:

- Organizar las opciones por operación unitaria. Las opciones generadas durante la lluvia de ideas se refieren a las diferentes operaciones unitarias. La organización de las opciones por operación unitaria permite un acercamiento más estructurado al proceso de selección.
- Evaluar las interferencias mutuas obvias. La implantación de una opción puede hacer que otra sea irrelevante. Es fundamental identificar las opciones mutuamente excluyentes con el fin de evitar que se seleccionen ambas.
- Implantar las opciones obviamente factibles. Las opciones sin costo, o de bajo costo, no requieren de un estudio de factibilidad muy extenso. Pueden ser implantadas de inmediato.
- Eliminar las opciones obviamente no factibles. Las opciones que son demasiado caras, no están disponibles o no pueden ser implantadas por razones obvias, deben ser eliminadas de la lista de opciones y estudiarlas a fondo a futuro.

- Opciones prioritarias. Si no es posible implantar todas las opciones y si no es posible evaluar todas las opciones, las mismas deben recibir una prioridad. Las opciones con más alta prioridad pueden ser sujetas a una evaluación durante el estudio de factibilidad. El proceso de asignación de prioridades es una mezcla de "sentido común", aspectos económicos, técnicos y ambientales.

Este paso queda bajo la responsabilidad total del equipo de diagnóstico.

#### FASE 4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

El objetivo de este estudio es comprobar que las opciones pre-seleccionadas son factibles desde un punto de vista técnico y económico, y estimar el impacto de las opciones factibles sobre el rendimiento ambiental del ingenio. Para este análisis, el equipo de diagnóstico seguirá las siguientes actividades.

1. Realizar una evaluación preliminar.
2. Realizar una evaluación técnica.
3. Realizar una evaluación económica
4. Realizar una evaluación ambiental.
5. Hacer una selección y presentación de las opciones factibles.

#### *Actividad 12. Realizar una evaluación preliminar*

Definir el tipo de evaluación técnica, económica o ambiental necesaria para cada opción. Por ejemplo, una opción poco costosa no requiere de una evaluación económica detallada, y una opción de motivación de los empleados no necesita de una evaluación técnica.

Se recomienda que antes de someter las opciones a alguna de las tres seleccionadas, se clasifiquen como sigue:

- *Opciones técnicas vs procedimientos:* Algunas opciones sólo requieren de cambios en los procedimientos y en el personal. Otras requieren de un cambio técnico.
- *Opciones relativamente sencillas vs complejas:* Las opciones sencillas pueden consistir en adoptar buenas prácticas operativas o en aplicar ligeros cambios técnicos que se pueden implantar con una inversión

pequeña o nula; mientras que las complejas pueden necesitar el reemplazo de una operación y, por lo tanto, de la realización de una evaluación técnica y económicamente más compleja.

- *Opciones de bajo, medio y alto costo:* Las opciones pueden ser seleccionadas con base en los costos de su implantación (inversión).

Es importante tomar en cuenta las prioridades del Ingenio y su presupuesto para el diagnóstico para así determinar la profundidad del análisis que debe hacerse.

#### *Actividad 13. Realizar una evaluación técnica*

Primero se evaluará si la opción es técnicamente factible para luego definir los cambios técnicos necesarios para su implantación. Se estimará entonces el efecto del cambio tecnológico en el balance de materiales o energía del procedimiento analizado. Por último, se eliminarán las opciones que no sean técnicamente factibles. Es importante que los empleados y los departamentos afectados participen en la implantación de estas opciones. La evaluación técnica determinará si la opción requerirá de cambios de personal, operaciones adicionales y/o personal de mantenimiento, además de capacitación adicional del personal.

#### *Actividad 14. Realizar una evaluación económica*

La factibilidad económica es un parámetro clave para determinar si una recomendación es implantada o no. Para evaluar el impacto económico se utilizarán los datos generados en la evaluación técnica, costos de inversión y operación y algunos otros costos indirectos. Es recomendable evaluar primero las opciones más atractivas económicamente, pues esto reforzará el interés y el compromiso con el programa de P+L. Por último, se eliminarán las opciones que no son económicamente factibles para la empresa.

Algunos métodos para realizarlos cálculos de factibilidad económica son:

- Período simple de recuperación de la inversión (PRI).
- Valor neto actual (VNA).
- Tasa interna de retorno (TIR).

La presentación más común y sencilla de la rentabilidad económica de un proyecto es el período simple de recuperación (PSR) el cual se define como el tiempo que necesita el proyecto para recuperar el efectivo invertido.

La fórmula para calcular el PSR es la siguiente:

$$\text{Período de Recuperación (años)} = \frac{\text{Inversión de capital}}{\text{Ahorros anuales}}$$

El período simple de recuperación se utiliza, generalmente, para las opciones de baja inversión o que son sencillas de implantar. Por otro lado, la tasa interna de recuperación y el valor neto actual se usan cuando las opciones son costosas o complejas.

Es importante considerar, en el análisis financiero, los reglamentos ambientales existentes o que probablemente serán impuestos en el futuro, las multas, sanciones, etcétera, causadas por incumplimiento y que pueden resultar en una disminución considerable en las utilidades del ingenio.

Para facilitar la evaluación técnica, económica y ambiental es adecuado generar un banco de datos con todos los equipos o materiales susceptibles de ser implantados.

#### *Actividad 15. Realizar una evaluación ambiental*

Una de las metas de P+L es mejorar el desempeño ambiental. Por lo tanto, es esencial realizar una evaluación en esta materia. En muchos casos, la ventaja ambiental resulta obvia; por ejemplo, una reducción en cantidad y toxicidad de algunos residuos, emisiones, aguas residuales o energía.

Pero en muchas ocasiones no es posible reunir toda la información necesaria para hacer una buena evaluación ambiental, o la información de los efectos ambientales de un producto sencillamente podrían no estar disponibles. En estos casos se tendrá que hacer una evaluación cualitativa, con base en la información disponible. Con el fin de dar prioridad a ciertos efectos ambientales respecto a otros, se deben estudiar las políticas ambientales nacionales y las prioridades gubernamentales para la protección ambiental y el uso racional del agua y la energía.

Se deben eliminar aquellas opciones que no tienen un impacto ambiental favorable.

La documentación detallada de los beneficios ambientales de las medidas es importante para poder llevar su información sobre la contaminación con las autoridades. Al mismo tiempo, esta información sirve a las agencias medioambientales que muchas veces apoyan este tipo de

diagnósticos como parte de su labor de combate a la contaminación.

#### **Actividad 16. Hacer una selección y presentación de las opciones factibles**

En el último paso del estudio de factibilidad, el equipo organizará las opciones factibles en orden de prioridad, según los resultados obtenidos en las evaluaciones técnicas, económicas y ambientales, y elaborará para la Dirección un informe que contenga los resultados del diagnóstico, el cual debe ser realizado en conjunto con el personal involucrado en ellas. El informe debe indicar, además de los costos y resultados esperados, la forma en la que se llevará a cabo la implantación de las medidas. Asimismo, se comunicarán las expectativas y responsabilidades acarreadas por el programa a todos los empleados, en especial a aquéllos que tomarán parte activa en la implantación y manejo del SAA.

### **FASE 5. IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS OPCIONES DE P+L**

Con la entrega del informe del diagnóstico, el manejo de las actividades del programa de P+L estará a cargo del comité de P+L del Ingenio, el cual tendrá la responsabilidad de revisar los datos presentados en el informe, profundizar, cuando sea necesario, en las evaluaciones generadas por el equipo de diagnóstico, y preparar un plan de implantación para introducir en el ingenio las opciones viables de ahorro de energía, agua y prevención de la contaminación. Las actividades del comité incluirán también monitoreo y evaluación de los beneficios logrados por las opciones implantadas, y deberán asegurar la continuidad del programa de P+L. En esta etapa se desarrollarán las siguientes actividades:

1. Preparar un plan de acción
2. Implantar las opciones de P+L
3. Monitorear los resultados de las opciones implantadas
4. Asegurar la continuidad del programa de P+L.

#### **Actividad 17. Preparar un plan de acción**

El discernimiento de lo que ocurre durante la implantación, al igual que la supervisión y evaluación de las op-

ciones, puede servir para elaborar el plan de implantación. El programa debe explicar:

- Qué actividades específicas se deben desarrollar.
- Quién es el responsable de esas actividades.
- Qué resultados específicos se esperan
- Durante cuánto tiempo se deben supervisar los cambios.
- Cuándo se debe evaluar el progreso.

Entonces, para preparar el plan de acción de implantación de las opciones, el equipo tendrá que cubrir los siguientes puntos:

- Elaborar un calendario de implantación para las opciones factibles.
- Atribuir las responsabilidades relacionadas con la implantación de las opciones, ya sea a departamentos o empleados.
- Y por último, establecer las metas que debe lograr el programa de P+L, y que servirán para motivar la participación de los empleados y estimular el seguimiento de las medidas implantadas.

Las metas tienen que presentar las siguientes características: deben ser alcanzables pero también oponer cierto grado de dificultad; deben estar limitadas en el tiempo por fechas específicas de inicio y término; y deben orientarse a resultados mensurables para que se pueda establecer algún método para evaluar los avances del programa. Ejemplos de metas son: la reducción del consumo de energía eléctrica (o de combustible) en un 15% en el primer año del programa. La selección de las metas se basará en una evaluación de:

- Los resultados del diagnóstico.
- Los estándares internos de atención prestada (productividad en el servicio) y eficiencia.
- La información histórica sobre las tendencias de generación de residuos o de consumo de materias primas, agua y energía en los procedimientos del ingenio.

#### **Actividad 18. Implantar las opciones de P+L**

Los requisitos de implantación varían ampliamente según el tipo de opción. Para opciones técnicas complejas, el trabajo de implantación consta de las siguientes etapas: preparación detallada (selección del equipo, diseño de las modificaciones a las instalaciones, planificación del presupuesto para las inversiones requeridas),

planificación de la instalación (mano de obra, equipo de instalación, paro temporal de la línea de producción), instalación, capacitación de los operarios, y puesta en marcha.

Al igual que cualquier otro proyecto de inversión, las actividades para el proyecto de P+L incluyen lo siguiente:

- Planeación
- Diseño
- Gestión
- Construcción

Se debe prestar especial atención a las necesidades de capacitar al personal administrativo y a otros empleados. Es importante que la gente responsable de la implantación de las medidas esté informada del trabajo y del propósito de esta opción, ya que pueden surgir sugerencias adicionales útiles.

#### *Actividad 19. Monitorear los resultados de las opciones implantadas*

El objetivo de esta etapa es comprobar el beneficio logrado por la implantación de las opciones de P+L. Los costos operativos y los beneficios se pueden calcular con base en una comparación de "antes" y después", donde los resultados reales se deben evaluar contra los resultados esperados. La información obtenida debe ser presentada periódicamente a la Dirección, al departamento administrativo y a los empleados del ingenio, para mostrarles qué tan efectivas (en lo que respecta al costo) han sido las opciones establecidas y, de esta forma, mantener un alto grado de interés en el programa de P+L.

El empleo de indicadores es una manera de supervisar la efectividad de la implantación de una opción de P+L. Los indicadores deben ser sencillos y útiles. Por ejemplo, cambios en la generación de residuos y emisiones y la reducción en el uso de materias primas, insumos, agua o energía. Estos indicadores deben tomar en cuenta cambios en los volúmenes o en el tipo de procedimientos y se pueden presentar de la siguiente manera: kg de residuos/ton de caña, consumo de agua/ton de caña, kWh/ton de caña. Es importante que los indicadores no estén abiertos a plazos demasiado largos (meses o años) mientras procede la realización de medidas. La evaluación de las mismas se puede llevar a cabo de manera periódica para verificar si todavía se cumplen los cambios y los objetivos de P+L.

#### *Actividad 20 Asegurar la continuidad del programa de P+L*

El equipo, junto con la Dirección, deberá aprovechar los éxitos logrados en la etapa de implantación para respaldar el seguimiento del programa de P+L.

Al completar la implantación de las opciones identificadas en el diagnóstico, el equipo de P+L tendrá que dirigir su atención hacia otras áreas del ingenio. Las actividades que pueden ser enfocadas en la segunda fase del programa de P+L incluyen:

- Los procedimientos que no fueron sometidos a una evaluación detallada en el diagnóstico.
- Las opciones implantadas de P+L que no dieron los resultados esperados.
- Todas las actividades de planificación y desarrollo técnico.

## CAPÍTULO IV

### LECCIONES APRENDIDAS

Actualmente, la industria azucarera tiene gran importancia económica y su relevancia social en América Latina se debe a sus características de industria, pues esta región conforma el área de mayor producción de azúcar en el mundo. Asimismo, debido a las condiciones históricas de desarrollo, la industria en la región no ha podido desenvolverse de manera armónica con el medio ambiente y con la eficiencia deseable, lo que impacta directamente en su rentabilidad y desempeño ambiental. Con base en esto, a lo largo de los últimos años, se han realizado diferentes esfuerzos con el fin de apoyar al mejor desempeño, dentro de los cuales se encuentra el proyecto denominado "Demostración de Técnicas de Producción Más Limpia en la Industria de la Caña de Azúcar" (*Cleansugartec*) desarrollado por ONUDI de 1993 a 1996. El objeto de este proyecto fue demostrar los beneficios ambientales y económicos de las prácticas de producción Más Limpia en tres ingenios de México.

El CMP+L desarrolló el Proyecto de Producción Más Limpia para el Sector Azucarero a nivel regional. Para el CMP+L es importante reconocer la labor que los Ingenios desarrollan para proteger el entorno ecológico y crear un ambiente laboral digno y seguro para todos los trabajadores. Esto último ha sido posible por el empleo adecuado de sus materias primas e insumos y la sensibilización y compromiso de todo el personal. Sin embargo, aún existen grandes áreas de oportunidad de ahorro económico y mejora ambiental para este sector.

Se puede concluir que las expectativas y los objetivos que se plantearon al inicio del proyecto, fueron alcanzados en su mayoría. La representabilidad del proyecto dentro del sector azucarero fue cubierta satisfactoriamente, puesto que los ingenios donde se llevó a cabo el proyecto, aun siendo del mismo grupo, son completamente representativos del sector.

La razón de que los ingenios pertenezcan a un mismo grupo azucarero del sector, obedece a cuestiones de

tiempo y disponibilidad por parte de otros grupos azucareros.

Este proyecto, con sus respectivas modificaciones, puede ser implantado en los diferentes ingenios de la región. El mismo podría ser canalizado con algún organismo nacional o internacional para lograr obtener un financiamiento desde su origen hasta su implantación.

Con el fin de asegurar el éxito de estos proyectos, resulta importante contar con una mayor integración entre las diferentes instituciones u organizaciones gubernamentales y privadas relacionadas con este sector.

Como parte de una autoevaluación en la conducción y desarrollo de estos proyectos, se deben analizar y contemplar algunos aspectos para el futuro, entre ellos los siguientes:

- Como punto prioritario, se debe asegurar que dentro del equipo de trabajo exista el conocimiento general de las actividades de proceso involucradas en los ingenios, así como el alcance (se debe establecer claramente los alcances y limitaciones propias del proyecto y evitar con esto compromisos que, por limitaciones propias del proyecto, no se puedan cumplir).
- Dentro de las actividades prioritarias para el desarrollo del proyecto, resulta importante involucrar a los diferentes institutos e instituciones, tanto gubernamentales como privados, para que participen en el mismo, haciendo hincapié en los beneficios económicos que se obtienen. Lo anterior podrá ser de gran utilidad en el desarrollo del proyecto, ya que el CMP+L no es experto en este sector y la información, comentarios o apoyo prestado por las diferentes instituciones enriquecerá el trabajo realizado y, al mismo tiempo, servirá para sensibilizar respecto a la importancia de contar con una *producción más limpia* y mejorar con esto el medio ambiente.

- Es bien conocida la complejidad de este tipo de proyectos en lo referente a lograr el compromiso de la Dirección para poder desarrollar en sus instalaciones el proyecto de Producción Más Limpia. Esto se acentúa más en este tipo de industrias, ya que al inicio se tiene cierta incertidumbre sobre los beneficios que el CMP+L les ofrece, sobre todo considerando que la mayoría de la gente que labora en los ingenios son personas con mucha experiencia. Sin embargo, el interés despertado en este tipo de industrias por realizar actividades de mejora continua y el poder presentar de manera atractiva los beneficios económicos y ambientales que se han obtenido al trabajar en conjunto con el ingenio, servirán como una valiosa herramienta para resaltar la atención de la Dirección en este tipo de proyectos.
- Con respecto a la disponibilidad del personal y el acceso a la información, aun cuando ya se tenga el compromiso de la Dirección y de todos los mandos altos y medios en la realización del proyecto, es importante establecer claramente el plan de acción a desarrollar y las áreas de oportunidad que se pueden cubrir considerando los tiempos y el presupuesto asignado, ya que, si bien la información y la disponibilidad del personal es buena, trabajar con empresas de este tamaño puede complicarse al momento de definir la prioridad del diagnóstico, así como al desarrollar las medidas de ahorro que se detecten y se realicen dentro de los tiempos estipulados.
- Un aspecto que se debe cuidar, es establecer y respetar las fechas programadas para cada fase y actividad del proyecto; esto con el fin de cumplir con los alcances y el tiempo destinado, establecidos con anterioridad. Esto mejora sobremanera la imagen y el trabajo realizado.

# ANEXO 1

## FORMULARIO DE PRE-EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

### CUESTIONARIO PARA LOS INGENIOS AZUCAREROS

1. ¿Cuál es su capacidad instalada?
2. ¿Cuál es su capacidad real de molienda?
3. ¿Cuál es su molienda diaria?
4. El personal de campo, ¿qué información proporciona.? (maduración, costo etc.)
5. ¿Qué procedimiento de corte se emplea?
6. ¿Se quema la caña?
7. ¿Se almacena la caña?
8. ¿Cuánto tiempo?
9. ¿Se tienen problemas de contaminación microbiana?
10. ¿Existe un procedimiento de rotación de caña almacenada?
11. ¿Se mantienen las condiciones de sanidad en el área de almacenamiento de caña?
12. ¿Qué tipo de caña se procesa?
  - a) Caña noble
  - b) Caña de sangre salvaje
  - c) Caña refractaria (cantidad de ácido fosfórico baja en el jugo)
13. ¿Qué máquinas se emplean para el manejo de caña?
14. ¿La limpieza de la caña se realiza con agua?
15. ¿Qué agua se emplea?

16. ¿Cuál es el consumo de agua en la limpieza?
17. ¿Se trata y/o analiza esta agua de lavado?
18. ¿Qué tratamiento se da?
19. ¿Existen separadores magnéticos?
20. ¿Qué combinación de aparatos se emplea en la preparación de la caña (cuchillas, desmenuzadora, desfibradora)?
21. ¿La capacidad de los molinos es la adecuada?
22. ¿Cómo se realiza la lubricación de los molinos?
23. ¿Qué tratamiento se le da al agua que contiene grasa?
24. ¿Cómo se realiza la *imbibición*, qué tipo de arreglo se emplea?
25. ¿Qué agua se emplea en la *imbibición*: fría o caliente?
26. ¿Qué tipo de separador de bagazo utilizan después de los molinos? (si es que tienen uno)
  - a) Separador de *bagacillo* con telas de cobre rojo, con cadenas.
  - b) Separador rotativo instalado debajo de los conductores intermedios (no hay cadenas); se transporta mediante bombas *inatascables*.
27. ¿Qué humedad tiene el bagazo a la salida del último molino?
28. ¿Qué cantidad de bagazo se emplea en calderas?
29. ¿Qué usos se le da al bagazo restante?
30. ¿Tienen un segundo tamizado?
  - a) Colador rotativo; tronco de pirámide hexagonal.
  - b) Tamiz vibratorio; tamiz inclinado de 30-35° provisto de un motor eléctrico que produce vibraciones para poder filtrar el jugo.
31. ¿Cuáles tratamientos del jugo utilizan?
  - a) Defecación (CaO)
  - b) Sulfitación (SO<sub>2</sub>)
  - c) Fosfatación (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
  - d) Carbonatación (CO<sub>2</sub>)
32. ¿En qué orden se realizan? (si usan más de uno).

	Defecación	**Sulfitación	Fosfatación	Carbonización
Materia utilizada				
Almacenamiento de materia				
Pureza				
¿Qué otras sustancias contiene la materia?	(MgO?)			
Fase en que se agrega				
Concentración (°Bé)				
(T°C) Jugo al agregar sustancia				
pH alcanzado				
(T°C) de calentamiento				
¿Se agrega más sustancia? ¿Cuánta?				
¿Hasta qué pH?				
¿Se calienta nuevamente?, ¿a qué (T°C)?				
pH alcanzado				
DEFECACIÓN: Si se hace una división del jugo por tratar, ¿cómo se hace el tratamiento?				

\*\*En la SULFITACIÓN:

33. ¿Se realiza una sulfitación posterior en el proceso, después de la evaporación? ¿Cómo?

#### CLARIFICACIÓN

34. ¿Cuál es el procedimiento que siguen para la decantación del jugo y la filtración de la cachaza?

35. ¿Se controla el pH y la temperatura de los jugos en la filtración? ¿A qué rango?

36. ¿Qué tipo de filtros se utilizan para la cachaza?

37. ¿A qué temperatura se encuentra el precipitado por filtrar?

**EVAPORACIÓN**

38. ¿Existen procedimientos de operación de los equipos?

39. ¿Existe equipo de instrumentación y control?

40. ¿Se realizan pruebas de laboratorio?

Vaso	Evaporación				Múltiple Efecto			
	1	2	3	Otro	1	2	3	4
T°C operación								
Presión								
Concentración de jugo o meladura (Brix)								
Medio de control								
Sistema de vacío								
Condensados, ¿para qué se emplean?								
Limpieza del equipo: • ¿Cómo?								
¿Qué sustancias emplean?								
Agua de enjuague, ¿a dónde va?								
¿Hay paros frecuentes? • ¿Por qué?								
El agua de evaporación, ¿a dónde va?								

**TACHOS**

41. ¿Existen procedimientos de operación de los equipos?

42. ¿Existe equipo de instrumentación y control?

43. ¿Se realizan pruebas de laboratorio?

44. ¿Qué sistema de temple existe?

45. ¿Qué pureza se obtiene del sistema en A, B, C?
46. ¿Cuál es el proceso de las plantas A, B, C?
47. ¿Qué procedimiento de limpieza se emplea?

	Tachos
T°C	
Presión	
Concentración (brix)	
Inicial	
Final	
Sistema de Vacío ¿Qué pureza tiene la meladura?	
Condensados a dónde van?	
Sistema de plantas utilizado	

Tanques	T°C	Control Nivel	Transportación	Otros
<b>Meladura</b>				
Masa cocida				
Mieles				
Miel final				
Semilleros				
Mezclador masa cocida				

### CRISTALIZACIÓN

48. ¿Cómo se realiza?
- Por espera
  - Ensemillando
  - Otra
49. Tipo de cristalizadores utilizados
50. ¿Existe un control de la temperatura?

51. ¿Se controlan las templeas de alimentación a cristalizadores?

52. ¿A qué brix se alimentan?

53. ¿Tienen sistema de enfriamiento?

54. ¿Qué agua ocupan?

55. ¿Adónde la desechan?

### **CENTRÍFUGAS (purgas)**

56. ¿...se diluye?

57. Cantidad de agua

58. ¿Qué agua se utiliza?

59. ¿Se calienta?

60. ¿Cómo?

61. ¿A qué T°C?

62. Tipo de centrifugas

- a) Automáticas
- b) Manuales
- c) Otra

63. El lavado de las centrifugas, ¿con qué se hace?

- a) Agua y vapor
- b) Vapor
- c) Agua sobrecalentada
- d) Otra

64. El agua o vapor empleado...

65. ¿Dónde sale?

66. ¿Qué cantidad emplean?

67. ¿Existe un control?

68. ¿En las centrifugas hay sistema de doble purga? ¿Cómo se realiza?

69. Destino del agua de centrifugas

### AZÚCAR

70. Tipo de conductor de azúcar

- a) Gusano
- b) Conductor sacudidas (chapulín)
- c) Otro

### ALMACÉN DE AZÚCAR

71. ¿Cómo se almacena?

- a) Sacos
- b) A granel

72. Si es en sacos:

Humedad azúcar	
T°C azúcar	
¿Los sacos están en contacto con el piso?	
Altura de estibas de sacos	
¿Las estibas están cubiertas? ¿Con qué?	
Distancia entre sacos y pared	
Tipo de conductores que se utilizan	
Existe un control en la rotación del azúcar	

### BÁSCULAS DE AZÚCAR

73. Control en la calibración

### VAPOR

74. ¿Existe un tratamiento de aguas?

75. ¿En qué consiste?

76. Capacidad

77. ¿Existe un tratamiento químico en calderas?

78. ¿Cuál?

## ANEXO 2

### CUESTIONARIO: SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

El siguiente cuestionario será de gran utilidad para conocer el manejo administrativo de los aspectos ambientales de su actividad industrial, así como para emitir recomendaciones que pueden ser de utilidad para continuar con la mejora de su desempeño am-

biental, mismo que en esta época de globalización le facilitará el acceso a otros mercados, convirtiéndose la protección al ambiente en una herramienta de competitividad, que generará mejoras en su proceso productivo.

POLÍTICA AMBIENTAL, OBJETIVOS Y ESTRUCTURAS	SÍ	NO	N/A
1. ¿Se cuenta con una política ambiental definida?, ¿Cuál es? ¿Desde cuándo fue establecida?, ¿Quién la conoce?			
2. ¿Cuenta con objetivos y metas ambientales definidos? ¿Cuáles son?			
3. ¿La definición de estos objetivos y metas fue influida por el personal que realiza las actividades?			
4. ¿Existe algún procedimiento para actualizar los objetivos y metas? ¿Con qué regularidad se realiza dicha actualización?			
5. ¿Se cuenta con algún comité de ecología y seguridad e higiene? ¿Es interno, externo o mixto? ¿Cuántos integrantes lo conforman?			
6. ¿Se encuentran definidas y documentadas las responsabilidades? (Anexar organigrama)			
7. ¿La dirección general ha designado algún representante que supervise el cumplimiento de los objetivos planteados?			
8. ¿Se programa el presupuesto considerando las inversiones para aspectos ambientales a realizar para cumplir con los objetivos y metas?			

ASPECTOS AMBIENTALES	SÍ	NO	N/A
<b>Consumo de Recursos: Agua</b>			
9. ¿De dónde proviene el abastecimiento del agua consumida? (red de agua potable, explotación de bienes nacionales, etc.) <i>Nota: Favor de proporcionar los últimos 3 recibos de agua</i>			
10. ¿Se cuenta con título de concesión para la explotación de agua?			

11. ¿La organización cuenta con medidores de consumo de agua en todos los puntos de abastecimiento?			
12. ¿Se calibran los medidores en una base periódica?			
13. ¿Se tiene identificada la cantidad de agua consumida en procesos y en servicios por separado?			
14. ¿Existe algún programa de detección de fugas de agua en ductos y equipos?			
15. ¿Existe algún programa de ahorro de agua en servicio y/o proceso?			
16. ¿Se han instalado sanitarios de bajo consumo?			
17. ¿Se conoce la calidad del agua que se consume? ¿Se analiza?			
18. ¿Se le da algún tratamiento al agua? ¿De qué tipo?, ¿Conoce la norma de agua potable?			
19. ¿Se cuenta con algún programa de recuperación de condensados de algún otro servicio o de agua de lluvia? (Explicar)			

<b>Consumo de Recursos: Energía</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
20. ¿Existen sistemas de combustión en las instalaciones?			
21. Tipo de combustible utilizado. ¿Tiene planes de cambiar el tipo de combustible?			
22. ¿El exceso de aire del sistema de combustión es controlado?			
23. ¿Se cuenta con procedimiento y capacitación para la operación del equipo de combustión?			
24. ¿Se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo en los equipos, que incluya los ductos?			
25. ¿Existe conocimiento de alguna queja del lugar vecino o del personal que labora en la organización sobre alguna emisión a la atmósfera?			
<i>Flujo de energía</i>			
26. ¿Son conocidas las estructuras, cantidades y lugares del consumo de energía de la empresa?			
27. ¿Son conocidos los consumidores críticos? (equipos de alto consumo y comportamiento estadístico)			
28. ¿Se puede identificar el consumo de energía con respecto a los productos?			
<b>Disposición del suministro de energía</b>			
29. ¿Se encuentran actualizadas las instalaciones energéticas y de regulación?			

30. ¿Se puede utilizar energía secundaria?			
<b>Selección de recursos de funcionamiento</b>			
31. ¿Es propicio el grado de efectividad energética?			
32. ¿Las instalaciones son de larga vida y son adecuadas para ser reparadas?			
33. ¿Las sustancias de ayuda son conducidas en ciclos? (engrasar, enfriar)			

Consumo de Recursos: materias primas y materiales auxiliares	SÍ	NO	N/A
<b>Flujo de sustancia</b>			
34. ¿Son conocidos los tipos, cantidades y flujo de sustancias?			
35. ¿Se realizan frecuentemente registros y balances?			
36. ¿Son conocidas las sustancias contenidas?			
37. ¿Son conocidas las posiciones críticas (alto flujo o empleo de sustancias peligrosas)?			
38. ¿Se ha considerado el impacto ecológico en la obtención y utilización de materias primas?			
39. ¿Se realizan controles de salida de sustancias?			
40. ¿Se indica, por parte de los proveedores, las sustancias peligrosas y los contenidos de las mismas?			
41. Dentro de las posibilidades de desarrollo, ¿hay forma de sustituir esas sustancias?			
<b>Disponibilidad de información</b>			
42. ¿Se documenta el manejo apropiado de sustancias? (almacenamiento, utilización, transporte)			
43. ¿Son especificadas continuamente las fechas de caducidad de las sustancias?			
44. ¿Se administra la información centralizadamente?			
<b>Consumo de Recursos: materiales para oficina y servicios</b>			
45. ¿Qué tipo de servicios son ofrecidos a los empleados (restaurante, enfermería, cafetería, etc.)?			
46. ¿Se llevan estadísticas sobre cifras de consumo de los recursos representativos en servicios? (agua, energía, papel, medicamentos, otros)			

Generación de Aguas Residuales	SÍ	NO	N/A
47. ¿Se conoce la cantidad y calidad de las descargas de aguas residuales por área?			

48. ¿Se utilizan sustancias desinfectantes, fungicidas o plaguicidas para el aseo y control de áreas, equipos o ropa?			
49. ¿Se conocen sus características?			
50. ¿A qué institución reportan sus descargas de agua? ¿Quién es el responsable de dicho reporte?			
51. ¿Se cuenta con áreas de lavandería dentro de las instalaciones?			
52. ¿Se cuenta con permiso para descarga de aguas residuales?			
53. ¿Se cuenta con monitoreo y análisis de la descarga de aguas residuales?			
54. ¿Se cuenta con planos de drenajes actualizado?			
55. ¿Se cuenta con planta/sistemas de tratamiento?			
56. ¿Se cuenta con sistemas de desinfección de aguas residuales?			
57. ¿Se tienen medidores en la descarga de aguas residuales?			
58. ¿La descarga final se hace al sistema de alcantarillado municipal o a algún cuerpo receptor de agua?, ¿A cuál?			
59. ¿Se cuenta con personal capacitado para el manejo de las aguas residuales?			
60. ¿Se utiliza el agua residual para el riego de áreas verdes? REF: NOM-003-ECOL			
61. ¿Se presentan pagos de derecho por uso de descarga al dominio público de la nación?			
<b>Generación de Residuos:</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
62. ¿Se cuenta con alguna clasificación de residuos peligrosos y no peligrosos? REF: NOM 052			
63. ¿Se cuenta con alguna área de almacenamiento separada?			
64. ¿Se realiza en el origen o en el almacén?			
65. ¿Se manejan desechos radiactivos?			
66. ¿Cómo se manejan los residuos de envases y embalajes?			

67. ¿Se cuenta con manifiestos de generación, transporte y tratamiento de residuos peligrosos?			
68. ¿Se cuenta con reporte semestral de residuos peligrosos? <i>Nota: anexar último reporte</i>			
69. ¿Se tienen definidas las rutas de transporte para residuos peligrosos?			
70. ¿Se tienen identificadas las actividades que generan residuos, tanto peligrosos como no peligrosos?			
71. ¿Se capacita al personal que maneja y clasifica los residuos peligrosos y no peligrosos? ¿En qué consiste la capacitación?			
72. ¿Se cuenta con una bitácora actualizada de generación de residuos peligrosos?			
73. ¿Se cuenta con empresas de recolección y/o tratamiento de residuos peligrosos que los retiren? ¿Qué empresas son?			
74. ¿Se cuenta con empresas de recolección de residuos no peligrosos que los retiren? ¿Qué empresas son?			
75. ¿Se capacita al personal sobre el procedimiento de contingencias?			
76. ¿Se tiene al alcance del personal?			
77. ¿Se proporciona y utiliza equipo de seguridad personal?			
<b>Emisiones a la atmósfera</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
78. ¿Tiene claramente identificadas sus fuentes emisoras?			
79. ¿Se cuenta con licencia de funcionamiento?			
80. ¿Se elabora y presenta cédula de operación anual?			
81. ¿Se cuenta con análisis de emisiones? ¿Con qué frecuencia se realizan? <i>Nota: anexar copia del último</i>			
82. ¿Se cumplen los parámetros de emisiones por fuentes fijas?			
83. Para evitar el impacto a la atmósfera por transporte, ¿se realiza una planeación eficiente para la distribución de productos (análisis de rutas)?			
84. ¿Se cuenta con inventario de emisiones?			

85. ¿Se cuenta con un programa de monitoreo de emisiones a la atmósfera?			
86. ¿Se cuenta con permisos de la Semarnap/INE para el funcionamiento de equipos especiales de combustión (hornos, incineradores)?			
87. ¿Se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo?			
88. ¿Se llevan bitácoras de control de la operación de los equipos de combustión?			
<b>Riesgo Ambiental</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
89. ¿En la instalación se manejan productos peligrosos (inflamables, corrosivos, reactivos, tóxicos)?			
90. ¿Se cuenta con listado de los materiales que ingresan?			
91. ¿Se cuenta con hoja de datos de seguridad?			
92. ¿Se tienen al alcance del personal? ¿Se da capacitación?			
93. Si se manejan productos inflamables, ¿se almacenan adecuadamente?			
94. ¿Se cuenta con alarmas para casos de emergencia?			
95. En caso de incendio, ¿se cuenta con equipo adecuado para atacarlo?			
96. ¿Se cuenta con capacitación y prácticas contra incendios? ¿Participa todo el personal?			
97. ¿Se cuenta con brigada contra incendios?			
98. ¿Se realizan simulacros de evacuación?			
99. ¿Se tiene una ruta de evacuación en caso de emergencias derivadas del manejo de materiales y/o residuos peligrosos?			
<b>Riesgos Ambientales</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
100. ¿Se cuenta con un plan de emergencias en caso de sismo?			
101. ¿Se ha capacitado a todo el personal de la organización?			
102. ¿Se cuenta con algún programa de protección civil?			
103. ¿Se cuenta con alguna ruta de evacuación definida y correctamente señalada?			
104. ¿Se cuenta con alguna brigada de emergencia en caso de sismo?			

105. ¿Se realizan simulacros de evacuación?			
106. ¿Se capacita al personal de nuevo ingreso sobre aspectos de riesgo? ¿Se documenta?			
<b>Comunicación y capacitación</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
107. ¿Con qué autoridades y organismos tienen contacto en materia ambiental (gubernamental, cámaras y asociaciones industriales, ONG)?			
108. ¿Cuáles son los medios de comunicación que utilizan para mantener informada a la gente, externa e internamente, del desempeño ambiental de la compañía?			
109. ¿Existe algún estímulo para los trabajadores por proteger el ambiente?			
110. ¿Cómo se detecta la necesidad de capacitación? ¿Quién es el responsable?			
111. ¿Cuenta con programas de capacitación ambiental? De ser así, describalo y comente a qué niveles se ha impartido			
112. ¿Se ha detectado alguna problemática para impartir la capacitación necesaria (financiamiento, soporte técnico, material escrito, etc.)?			
<b>Legislación</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
113. ¿Conoce las normas ambientales que se aplican a su proceso?			
114. ¿Se cuenta con un responsable para el seguimiento del cumplimiento de la normatividad ambiental vigente aplicable a la empresa? ¿Quién es?			
115. ¿Se ha hecho acreedor a alguna multa de la autoridad ambiental? ¿Por qué concepto? ¿Cuándo ocurrió?			
<b>Monitoreo Ambiental</b>	<b>SÍ</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>
116. ¿Qué herramientas utilizan para monitorear el desempeño de la empresa?			
117. ¿Qué tipo de indicadores ambientales manejan?			
118. ¿Cómo identifican las actividades que tiene impacto ambiental real o potencial?			
119. ¿La empresa ha realizado auditorías ambientales? ¿Qué institución (es) las ha efectuado?			
120. ¿Tiene interés por certificarse ambientalmente?			

NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN:

REPRESENTANTE DE LA ORGANIZACIÓN:

FECHA DE APLICACIÓN

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

El presente glosario contiene la terminología empleada en la Agroindustria Azucarera, así como también la utilizada por el sector eléctrico y térmico, la cual ha sido empleada en la redacción de esta Guía de Azúcar. Tiene por objeto facilitar su comprensión, sobre todo para aquellas personas que, sin estar dentro de la Agroindustria Azucarera, hagan uso de esta Guía.

**Agotamiento de la miel final.**- Proceso que se aplica a las templeas de menor pureza al depositarlas en recipientes (cristalizadores) en movimiento para que el cristal absorba la miel que se encuentra entre los cristales.

**Agroindustria.**- Aplicase a la Azucarera que industrializa la caña que se produce en la zona del Ingenio, contando con la Legislación (Decreto Cañero).

**Agua amoniacal.**- Es el agua de condensados, generalmente del tercero, cuarto y quinto vasos en el secado de un evaporador y que no es recuperable para calderas; se le llama "amoniacal" por los gases que lleva mezclados y ocasionan un pH ácido.

**Agua cruda.**- Es el agua que entra a la fábrica sin ningún tratamiento o purificación.

**Agua de imbibición NOM-F-P6-1982.**- Es el agua que se agrega al bagazo para extraerle el azúcar y que se utiliza en la operación de extracción en molinos.

**Alimentador rotativo.**- Es un cilindro colocado sobre el conductor intermedio, antes de la entrada al molino, cuya función consiste en obligar la entrada del bagazo en el molino; es decir fuerza la alimentación del bagazo al molino.

**Azúcar blanca directa.**- Es el azúcar obtenida utilizando meladura clarificada mediante procedimientos físico-químicos y que posteriormente es centrifugada, lavada y secada para su consumo directo.

**Azúcar cruda, bruta o mascabada.**- Es el azúcar que no se ha sometido a lavado en las centrifugas y que, por lo tanto, conserva en la superficie de sus cristales la película de miel no eliminada por la centrifugación, conociéndose más generalmente como mascabado o azúcar cruda.

**Azúcar fundida.**- Es el licor obtenido al fundir el azúcar cruda en la refinera del Ingenio.

**Azúcar refinada.**- Es el azúcar cruda que ha sido sometida a un proceso de purificación y decoloración por métodos físico-químicos, obteniendo como producto cristales de sacarosa, limpios, brillantes y prácticamente puros.

**Bacteria.**- Microorganismo unicelular que pertenece al reino vegetal, pero que no contiene clorofila. Puede ser esférica, cilíndrica, en forma de bastón o de hélice, su tamaño promedio es de una milésima parte de milímetro. Algunas especies abundan en sustancias orgánicas y en descomposición; otras pueden ser parásitas y causar daños o no a los organismos vivos.

**Bactericida.**- Sustancia química, como el formol, el benzal, el yodo, etc., que mata las bacterias.

**Bagazo.**- Es el residuo fibroso que queda después de extraído el jugo de la caña de azúcar, la fibra leñosa de la caña. En los Ingenios se usa como combustible en las calderas para generar vapor.

**Balastro.** Es el equipo electromagnético o electrónico empleado para operar las lámparas de descarga eléctrica. Proporciona a la lámpara sus condiciones de operación correcta.

**Batería de molinos.**- Llamada también "Tandem" o "Tren de molinos", que es el conjunto de molinos de un Ingenio formado por una desmenuzadora o desfibradora, o una combinación de estos aparatos y cuatro, cinco, seis o siete.

te molinos de tres mazas cada uno: superior, la cañera y la bagacera.

**Batey.-** Conjunto de maquinaria y equipo que se utiliza para la recepción y descarga de la caña durante la zafra en los Ingenios azucareros. Lugar y patio destinado al almacenamiento de la caña que prácticamente está a punto de moler.

**Brillantez o luminancia.-** Es la relación entre la intensidad luminosa de un objeto en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

**Brix.-** Es el tanto por ciento de materia sólida, según lo indicado por un hidrómetro u otro dispositivo densimétrico.

**Cachaza NOM-F-305-1991.-** Es el material sólido proveniente de la filtración y lavado de los lodos sedimentados en el proceso de clarificación, mezclados con bagacillo.

**Calandria.-** Básicamente está constituida por una serie de tubos por donde circula el jugo por calentar o evaporar dentro de la envolvente del evaporador, es decir, es un haz de tubos en los evaporadores y que está delimitado por dos espejos y se utiliza para la transferencia de calor; por el interior de los tubos circula líquido y por el exterior lo hace el vapor.

**Cavitación.-** Fenómeno que se observa en los conductos por donde circulan líquidos a gran presión, y que consiste en la formación de vacíos (burbujas) que golpean las paredes del conducto y que en ocasiones las dañan.

**Calidad o título del vapor.-** La calidad de un vapor húmedo es la relación del peso del fluido que está en la fase de vapor y el peso total del fluido. Si de una caldera sale vapor con un 2% de humedad, la calidad del vapor será del 98%.

**Calor latente.-** Es la cantidad de calor requerida para lograr el cambio de estado físico de una sustancia sin que existan variaciones en su temperatura.

**Calor sensible.-** Es el calor que produce una elevación de temperatura en un cuerpo. El calor sensible es el que percibe un termómetro ordinario, el calor latente no acusa una elevación de la temperatura del vapor.

**Chumacera.-** Pieza de metal o madera con un hueco o mueca en la que descansa y gira cualquier eje de una maquinaria.

**Cepa o macolla.-** Parte de la planta que queda enterrada después del corte de las cañas. Es la parte del tallo o de la caña que se encuentra dentro de la tierra unida al sistema radical.

**Ciclo.-** Periodo de tiempo en que se lleva a cabo el desarrollo de diferentes cultivos, desde su siembra hasta la cosecha.

**Coefficiente de transmisión de calor.-** Es la cantidad de flujo de calor en kilocaloría por hora a través de un metro cuadrado de superficie por grado de diferencia de temperatura.

**Composta.-** Abono formado por sustancias orgánicas tales como bagazo, excrementos, hierbas, paja, residuos de madera, etc., con la que, después de un proceso de fermentación, se hace una mezcla uniforme que se puede aplicar al suelo.

**Condensación.-** Es el cambio de vapor a líquido con una transferencia de calor del vapor a la superficie de condensación.

**Consumo (kWh).-** Cada equipo al prenderse o conectarse tiene una cierta demanda (watts o kilowatts) sobre las líneas de energía eléctrica; el producto de la demanda por el tiempo que se tiene esa demanda es la energía consumida (kWh).

**Corriente (I).-** La corriente nominal indicada en la placa de un motor de inducción se refiere a la corriente absorbida por el motor operando a plena carga.

**CRETIB.-** Corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, infeccioso, biológico.

**Cristalizadores.-** Son los aparatos receptores de la masa conocida de los tachos. Esta masa debe mantenerse en movimiento para cambiar constantemente la posición relativa de las partículas de licor madre y de los cristales para desarrollo de éstos.

**Cuchillas rotatorias.-** Preparan la caña para su molienda troceándola, pero sin extraerle el jugo, formando una masa compacta y homogénea, favoreciendo la capacidad de los molinos en su extracción.

**Deareador.-** Equipo de calentamiento de agua a calderas, empleado para eliminar el oxígeno y gases disueltos, los cuales son altamente dañinos por sus efectos corrosivos y que llegan a ocasionar severos problemas en las calderas.

**Decreto (cañero).-** Decreto por el que se declara que son de interés público la siembra, el cultivo, la cosecha y la industrialización de la caña de azúcar, expedido el 30 de mayo de 1991 y publicado en el Diario Oficial de la Federación.

**Demanda (kW).-** Potencia requerida por un equipo al conectarse a una red de distribución de energía eléctrica. Se utiliza la unidad de kilovatio (kW).

**Desfibradora.-** Es un aparato que se emplea para complementar la preparación y la desintegración de la caña hasta el estado de una masa mullida, para facilitar la extracción del jugo en el tándem de molinos.

**Desmenuzadora.-** En un tándem o conjunto de molinos, el primero de ellos, donde se hace la primera extracción de jugo de caña de azúcar.

**Desbalanceo de voltaje (ADV).-** El desbalanceo de voltaje entre fases es la máxima desviación del voltaje de línea al voltaje promedio en un sistema trifásico, dividido entre el voltaje promedio.

**Dextrosa.-** Sinónimo de Glucosa, ordinaria, o desecha.

**Dextrana.-** Es un polímero homogéneo a las glucanas, formándose por la acción de la enzima dextrasucrasa sobre la sacarosa, especialmente por la bacteria *Leuconostoc mesenteroides* y el *Leuconostac dextranicum*.

**D.Q.O.-** Demanda Química de Oxígeno, que es la medida de la cantidad de materia orgánica y de otras sustancias reductoras en el agua.

**Eficacia de una lámpara.-** Es el flujo luminoso emitido por una lámpara entre la potencia eléctrica (Watt) que requiere para operar. Se expresa como lumen/W.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Watt}}$$

**Entalpía.-** Es un término muy popular en el lenguaje técnico, y se refiere a la cantidad de calor total que tiene la unidad de peso de un fluido, en su estado líquido o en su fase de vapor. Se mide en kcal/kg. En la producción de vapor de agua saturado, la absorción de energía por cada kilogramo de agua tiene lugar en dos etapas: adición de la entalpía del líquido hf y adición de la entalpía de vaporización hfg.

**Evaporación de una caldera.-** Se llama "evaporación" a la cantidad (kg o lb) de vapor que produce una caldera bajo determinadas condiciones de presión absoluta en una hora y con determinada temperatura del agua de alimentación. Una misma caldera podría designarse, en cuanto a capacidad, con muchos valores.

**Factor de potencia.-** Se define como cociente de la potencia entre la potencia aparente. Cuando una empresa opera con un bajo factor de potencia, además del recargo que tiene que pagar en la facturación eléctrica, tiene otras implicaciones de igual o mayor magnitud, particularmente en el tamaño de sus equipos de transformación y distribución (cableado) de la instalación eléctrica, y con el uso eficiente de la energía eléctrica.

**Flujo luminoso.-** Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en cierto ángulo sólido. Su unidad de medida es el lumen. Un lumen es igual a un flujo emitido por una esfera unitaria cuya intensidad luminosa es de una candela.

**Guarapo o jugo.-** Se le define como el jugo que escurre de la caña cuando ésta es molida en los trapiches para elaborar azúcar.

**Imbibición.-** Acción y efecto de embeber, que es la absorción por un cuerpo sólido de otro en estado líquido. Proceso en el que el agua o el jugo se pone en el bagazo para reducir su contenido de sacarosa, mezclando y diluyendo el jugo presente en el bagazo.

**Índice de rendimiento de color (CRI).-** Es una medida que describe la calidad de la reproducción de colores de la luz de una lámpara. Debe ser considerada en toda aplicación de iluminación. Se mide en una escala del 0 al 100, o en porcentaje. La luz del sol y la luz incandescente tienen un CRI de 100. Es importante saber que los objetos y personas iluminados bajo una luz con alto CRI se ven más naturales, además que el nivel de iluminación se percibe como mayor.

**Jugo filtrado.**- Jugo obtenido en la filtración de la cachaza en los filtros rotativos al vacío o el obtenido en los filtros prensa.

**Jugo mezclado o diluido.**- Es el jugo extraído sin dilución más el jugo extraído con dilución. Es el jugo enviado del departamento de molinos al departamento de elaboración.

**Jugo residual.**- Último jugo que se extrae del bagazo y es el extraído por las mazas superior y bagacera del último molino del tándem.

**Kilocaloría.**- Es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado un kilogramo de agua.

**Lámpara.**- Es el aparato mediante el cual se transforma la energía eléctrica en energía luminosa. Existen diferentes tipos de lámparas.

**Luminaria (luminario).**- Es el gabinete contenedor de lámparas y en algunos casos también balastos. Se utiliza para dirigir y controlar el flujo luminoso de una o más lámparas.

**Maceración.**- Acción o efecto de macerar o macerarse, que significa ablandar una cosa estrujándola, golpeándola o bien manteniéndola sumergida en un líquido que puede ser agua u otro.

**Magma.**- Es una mezcla de cristales y licor de azúcar producida por medios mecánicos.

**Mascabado.**- Azúcar granulada, separada, pero sin ser sometida a lavado en las centrifugas, conservando, por lo tanto, en la superficie de los cristales la película de miel no eliminable por operación de centrifugación.

**Mazas.**- Elementos constitutivos de un molino. La superior recibe el nombre de "mayor o superior" y la inferior por donde se introduce la caña se llama "maza cañera" y la inferior, por donde sale el bagazo, "bagacera".

**Meladura.**- Llamada en algunos países SIROPE; es el jugo clarificado evaporado hasta una concentración de 60-65 °brix para facilitar la formación del cristal de azúcar.

**Miel final.**- Constituye el residuo líquido, separado de los cristales en la masa conocida final. Subproducto obtenido en la fabricación del azúcar mascabada, blanca, estándar o refinada.

**Molienda.**- Acción de moler. Conjunto de cañas molidas al mismo tiempo.

**Nivel de iluminación o iluminancia.**- Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie, su unidad de medida es el lux. Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado. El nivel de iluminación se recomienda en un cierto valor mínimo de luxes de acuerdo con la tarea a desarrollar y el tipo de lugar de trabajo.

**Pluma.**- Brazo mecánico de gran tamaño, de cuyo extremo libre cuelga algún implemento de máquina pesada, cucharón, pala, etc., accionado por su sistema hidráulico.

**Pol.**- Cuenta con la Norma NOM-F-324-1991 y es el valor determinado por polarización directa del peso normal de un producto azucarado en 100 ml. de solución a 293.16 °K.

**Potencia Aparente (kVA).**- Es la energía que corresponde a la suma vectorial de la potencia y potencia reactiva, es el producto de la corriente y tensión de la línea.

**Potencia Reactiva (kVAr).**- Es la energía necesaria para mantener un campo electromagnético. Esta energía es útil donde el campo electromagnético es necesario para generar movimiento, para inducir corriente, en los transformadores y en los balastos de las lámparas.

**Presión.**- Es la fuerza ejercida por el fluido en la unidad de superficie de la pared del recipiente que lo contiene. Se mide por medio de un manómetro y se expresa en kg/cm<sup>2</sup>. Los manómetros miden la presión relativa, es decir, la presión por arriba de la presión atmosférica. Las tablas de vapor se refieren a la presión absoluta.

**Presión de vacío.**- Si la presión absoluta es menor que la atmosférica, a la lectura manométrica se le llama presión de vacío.

**Reflector.**- Dispositivo empleado para aprovechar la reflexión de la luz. La reflexión de la luz es especular cuando los rayos luminosos reflejados se orientan en direcciones preferentes de acuerdo a las características geométricas en las que se produce la reflexión. La reflexión de la luz es difusa cuando la reflexión se da en todas direcciones.

**Refractor.**- Dispositivo empleado para controlar los cambios de dirección de un haz luminoso cuando pasa de un

cierto medio a otro de diferente densidad. El mejor control se logra empleando lentes ópticas.

**Sirope.-** Es el jugo concentrado de la caña del cual no se ha extraído el azúcar.

**Tacho.-** El principio de este aparato es análogo al de un cuerpo evaporador, teniendo la finalidad de llevar hasta el punto de sobresaturación el líquido que sale de los evaporadores, que es la meladura, para llegar a la cristalización del azúcar (sacarosa).

**Tamiz vibratorio.-** En los Ingenios se le llama colador D.S.M. y tiene como fin separar el bagacillo del jugo, por segunda filtración, antes de ser enviado a las básculas de guarapo.

**Tanque Flash.-** Equipo para recuperar vapor a baja presión de los condensados.

**Tensión (V).-** La tensión indicada en la placa de un motor es el voltaje correcto al que debe funcionar. Casi todos los motores de corriente alterna se construyen para dar una potencia nominal determinada de plena carga mientras el voltaje no varíe en más de un 10% por encima o por debajo de este valor, y siempre y cuando las demás condiciones sean normales.

**Temperatura de color.-** Es una medida del color de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura en particular, es expresada en grados Kelvin (°K). Las lámparas incandescentes tienen una baja temperatura de color (2800 K) denotada por un tono rojo-amarillo; las lámparas luz de día poseen alta temperatura de color (aproximadamente 6000 °K) y aparecen como azuladas. En la actualidad el fósforo usado en lámparas fluorescentes

puede graduarse para proveer cualquier temperatura de color deseada en el rango de 2800 a 6000 °K.

**Trampa de vapor.-** Es un aparato que regula la salida del agua de condensados, permitiendo, además, que escape algo de vapor.

**Transmisión de calor.** Es la cantidad de flujo a través de un cuerpo de temperatura más alta hacia un cuerpo de menor temperatura.

**Variación o diferencia de voltaje (AVV).-** La variación porcentual de voltaje es la relación entre el voltaje nominal con respecto al voltaje promedio de operación (entre fases) y se obtiene mediante la siguiente ecuación:

**Vertedero.-** Dispositivo hidráulico de rebose usado para medir o controlar el flujo de agua.

$$\text{Variación de voltaje (\%)} = \left[ \frac{\text{Voltaje Promedio Medido}}{\text{Voltaje Nominal}} - 1 \right] \times 100\%$$

**Vinaza.-** Residuo de la digestión del mosto obtenido del guarapo o de las melazas. Es parte del líquido agotada de alcohol, agua y materias sólidas contenidas en el mosto (vino). La vinaza es un material contaminante debido a su alta demanda bioquímica de oxígeno.

**Vapor de agua saturado.-** El vapor producido a la temperatura de ebullición correspondiente a su presión absoluta, se denomina saturado. El vapor saturado puede ser seco o húmedo.

**Zafra.-** Cosecha de la caña dulce. También se le aplica este nombre a la fabricación del azúcar de caña y, por extensión, a la de remolacha.

# DIRECTORIO DE ORGANIZACIONES E INSTITUCIONES

DIRECTORIO DE ORGANIZACIONES E INSTITUCIONES PARTICIPANTES EN EL 6º PROYECTO DE DEMOSTRACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL SECTOR AZUCARERO DE MÉXICO  
CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

AV. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL S/N  
EDIFICIO DE LABORATORIOS PESADOS DE FÍSICO-MATEMÁTICAS  
UNIDAD PROFESIONAL ADOLFO LÓPEZ MATEOS  
ZACATENCO, 07738, MÉXICO, D.F.  
TEL: 57-29-62-01  
FAX: 57-29-62-02  
E-mail: [cmpl@redipn.ipn.mx](mailto:cmpl@redipn.ipn.mx)  
[Cmplqcorreo.cmpl.ipn.mx](mailto:Cmplqcorreo.cmpl.ipn.mx)

## PERSONAL DEL CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROYECTO

DR. JORGE PÉREZ	DIRECTOR
M. EN C. ARTURO HERNÁNDEZ VÁZQUEZ	SUBDIRECTOR TÉCNICO
ING. RIGOBERTO ROA GONZÁLEZ	COORDINADOR DEL PROYECTO INGENIOS
ING. JULIO GALVÁN OLGUÍN	INGENIERO DE PROCESOS
ING. CHRISTIAN IZQUIERDO CRUZ	INGENIERO DE PROCESOS
M. EN C. MARINA BERGUA CONDE	COORDINADORA DE SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

## INGENIOS PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

**Ingenio Tres Valles, S.A. de C.V.**  
 Km 68 de la carretera La Tinaja - Cd. Alemán  
 Municipio de Tres Valles, Veracruz.  
 C.P. 95300  
 Tel: (288) 502-55, 502-65 y 500-50  
 Fax: (288) 500-65  
 Gerente General: C.P. Jorge Veloz Sánchez  
 E-mail: itvsa@infosel.net.mx

**Ingenio Adolfo López Mateos, S.A. de C.V.**  
 Km. 7 de la carretera Tuxtepec-Oaxaca  
 San Antonio el Encinal, Municipio de Tuxtepec, Oaxaca.  
 C.P. 68300  
 Tel: (287) 160-00, 160-28 y 160,27  
 Fax: (287) 160-30, 160-15 y 160-22  
 E-mail: ialmsa@infosel.net.mx

**Ingenio Central Izalco S.A. de C.V.**  
 Km. 62 ½ carretera a Sonsonate, El Salvador, C.A.  
 Tel: 451-0188 ext. 415  
 Fax: 451-3608  
 E-mail: claudia\_Beatriz@yahoo.com

**Ingenio Atirro S.A.**  
 La Suiza de Turrialba, Cartago, Costa Rica  
 Tel: (506) 556-8514  
 Fax: (506) 556-1533  
 E-mail: andres.zamora@usa.net

## OTROS PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

**Centro Nacional de Producción Más Limpia de  
 Costa Rica**  
 Apartado 159-7050 Cartago  
 Costa Rica.  
 Tel: (506) 550-2158  
 Fax: (506) 551-6343  
 E-mail: smusmanni@itcr.ac.cr

**Centro Nacional de Producción Más Limpia de  
 El Salvador**  
 Edificio ASI Calle Roma y Liverpool,  
 Col Roma, San Salvador  
 Tel: 279-2488  
 Fax: 298-4031  
 E-mail: b.coughlin@es.com.sv

## ORGANIZACIONES QUE COOPERARON PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

**United States Agency for International Development  
 (USAID)**  
 Paseo de la Reforma No. 305  
 Col. Cuauhtémoc  
 C.P. 06500, México, D.F.  
 Tel.: 50-80-20-00  
 Ext. 3252  
 Fax: Ext 2494

**Consultoría y Servicios en Tecnologías Eficientes,  
 S.A. de C.V. (CySTE)**  
 Magdalena No. 201  
 Col. del Valle  
 C.P. 03100  
 México, D.F.  
 Tel.: 5-148-93-60  
 Fax: 5-148-93-85

**Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe  
 Exportadores de Azúcar (Geplacea)**  
 Paseo de la Reforma No. 1030  
 Lomas de Chapultepec, México, D.F.  
 C.P. 11000.  
 Tel: 5-520-97-11, 5-520-97-12 y 5-520-97-18  
 Fax: 5-520-50-89

**ORGANISMOS DE APOYO TÉCNICO AUSPICIADOS POR USAID****Hagler Bailly Services, Inc.**

1530 Wilson Boulevard

Arlington, Virginia; USA.

Tel: (703) 351-0300

Fax: (703) 351-61-66

Actualmente

PA Consulting Group

Tel: (703) 312-86-80

Fax: (703) 351-61-66

LA INFORMACIÓN AQUÍ PRESENTADA ES RESPONSABILIDAD ÚNICA Y EXCLUSIVA DEL CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y NO DE LAS ORGANIZACIONES AQUÍ MENCIONADAS.

LA APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DESCRITAS SE HACE BAJO LA RESPONSABILIDAD DE LAS ORGANIZACIONES O PERSONAS Y NO DEL CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

LA MENCIÓN DE MARCAS COMERCIALES NO IMPLICA EL AVAL DEL CENTRO NI UNA COMPARACIÓN ENTRE ELLAS, SINO SOLO PARA EJEMPLOS DE EJEMPLIFICAR.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### RECURSOS E INDUSTRIAS DEL MUNDO.

Zimmermann, Erich W, traducido por Gonzalo Robles y otros.

México, Fondo de Cultura Económica Continental, 1963.

### LA INDUSTRIA AZUCARERA DE MÉXICO.

Banco de México.

México, Departamento de Investigación, 1955.

### MANUAL PARA INGENIOS AZUCAREROS.

Hugot E., Traducido por Carlos Ruiz Coutino.

México, D.F., Compañía Editorial Continental, 1963.

### LA CAÑA DE AZÚCAR.

Héctor Tocagni.

Buenos Aires: Albatros, 1981.

### PRINCIPIOS DE TECNOLOGÍA AZUCARERA VOL.1.

Honig, Peter.

México, Continental, 1977.

### DEXTRAN EN SUGAR FACTORIES: CAUSES AND CONTROL.

Margaret A. Clarke.

Sugar Processing Research Institute, Inc.

New Orleans, LA.

### MANUAL DE CAÑA DE AZÚCAR.

Meade-Chen.

Estados Unidos: John Wiley.

### MATERIA PRIMA CAÑA DE AZÚCAR.

Sánchez Navarrete, Federico.

México. M. Azucarero.

### III CONVENCION DE LA ASOCIACION DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE MÉXICO.

Técnicos Azucareros.

México, Técnicos Azucareros, 1973.

Manual de Eficiencia Energética Eléctrica en la Industria.

Tomo I, Centro para el Ahorro y Desarrollo Minero (CADEM),

Grupo EVE.

### MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA TÉRMICA EN LA INDUSTRIA.

Tomo I, Centro para el Ahorro y Desarrollo Minero (CADEM),

Grupo EVE.

### NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-1999.

Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo.

### NORMA OFICIAL MEXICANA 009-ENER-1995.

Aislamiento Térmico para la Industria.

### TRANSFERENCIA DE CALOR, 2DA EDICIÓN.

B.V. Karlekar, Editorial Interamericana.

### MANUAL SELMEC DE CALDERAS.

SELMEC Equipos Industriales, S.A. de C.V.

### TABLAS DE VAPOR.

L. Haar - J. S. Gallagher - G. S. Kell, Editorial

Interamericana.

### EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.

Metodología para Diagnósticos Energéticos, Comisión

Nacional para el Ahorro de Energía (Conae), México, 1999.

### EFICIENCIA EN CALDERAS.

Alberto Plauchú, Primera Edición.

### EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES.

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Fide),

México, 1999.

**Centro Mexicano para la Producción Más Limpia**

Av. Instituto Politécnico Nacional s/n Edif. de Lab. Pesados de la ESFM,  
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, 07738 México D.F.

**[cmpl @correo.cmpl.ipn.mx](mailto:cmpl@correo.cmpl.ipn.mx)**

**[www.cmpl.ipn.mx](http://www.cmpl.ipn.mx)**

*Guías de Producción Más Limpia*  
*6. Ingenios Azucareros*  
*Producción Más Limpia en Ingenios Azucareros*  
Impreso en los Talleres Gráficos de la  
Dirección de Publicaciones del INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
Tresguerras 27, Centro Histórico, México, DF  
Enero de 2005. Edición: 200 ejemplares.



**LA GUÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA LOS INGENIOS AZUCAREROS ES LA SEXTA DE UNA SERIE DOCUMENTAL DENOMINADA "GUÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA" QUE DESARROLLA EL CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.**

**EL PROPÓSITO DE ESTE DOCUMENTO ES APOYAR A LOS INGENIOS AZUCAREROS CON UNA HERRAMIENTA Y EXPERIENCIAS PRÁCTICAS QUE FACILITEN LA IMPLANTACIÓN AUTÓNOMA DE PROGRAMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, EL CUAL INVOLUCRA EL USO EFICIENTE DE RECURSOS, MINIMIZAR LA GENERACIÓN DE CONTAMINANTES Y DESPERDICIOS Y REDUCIR EMISIONES, GENERANDO CON ELLO BENEFICIOS ECONÓMICOS EN LAS EMPRESAS.**

**EN ESTE CONTEXTO, EL CENTRO MEXICANO PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA CON LA PARTICIPACIÓN Y COOPERACIÓN DE EMPRESAS DE ESTE SECTOR, DESARROLLÓ UN TRABAJO PRÁCTICO PARA INCORPORAR LOS PRINCIPIOS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y EVALUAR SUS RESULTADOS, LOS CUALES SE PRESENTAN AL PÚBLICO EN GENERAL Y EN PARTICULAR A LA INDUSTRIA AZUCARERA DE MÉXICO.**