Pantaleon

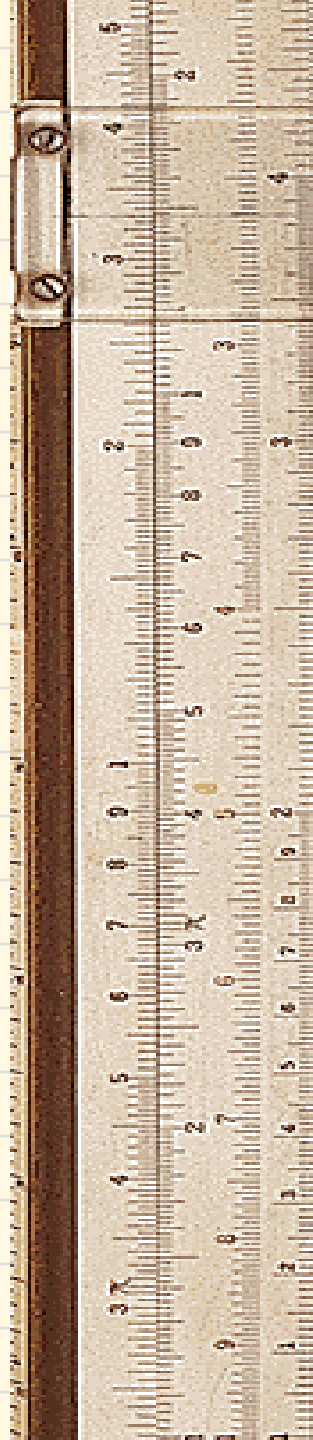
Experiencias en Cogeneración, sus Inicios, Historia, Aciertos y Desafíos.

Mini Workshop ATACA 2017

San Pedro Sula, Agosto de 2017

Contenido

- Conceptos Base
- Historia
- Evolución
- Otras Tecnologías
- Potencial y Consideraciones
- Tres Puntos Importantes.



Conceptos Base

- Cogeneración: generación simultánea, en un solo proceso, de energía térmica y mecánica o eléctrica.
- ¿Cuándo empieza en los ingenios? Bajo el concepto anterior, la cogeneración en plantas industriales de azúcar, es muy antigua (siempre se ha generado vapor y energía mecánica por lo menos); lo que ha cambiado a lo largo del tiempo es la tecnología para mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de la energía disponible en la caña.-

Conceptos Base

- El proceso de producción de azúcar tiene, por lo menos, tres procesos de separación:
  - Remoción de la fibra (y aprovechamos esto como combustible).
  - Eliminación de impurezas (para fines energéticos, la parte de color es importante; considerar lo que pasa con el blanco y el crudo).
  - Remoción de agua
    - En evaporación de múltiple efecto para mejorar la eficiencia de uso de energía,
    - En tachos para cristalizar (más remoción de agua).
    - Secado de azúcar con uso de vapor de menos presión o condensados.
- Pueden haber otros procesos también, como la refinación, que repiten parte de lo anterior con otras tecnologías.-

Historia

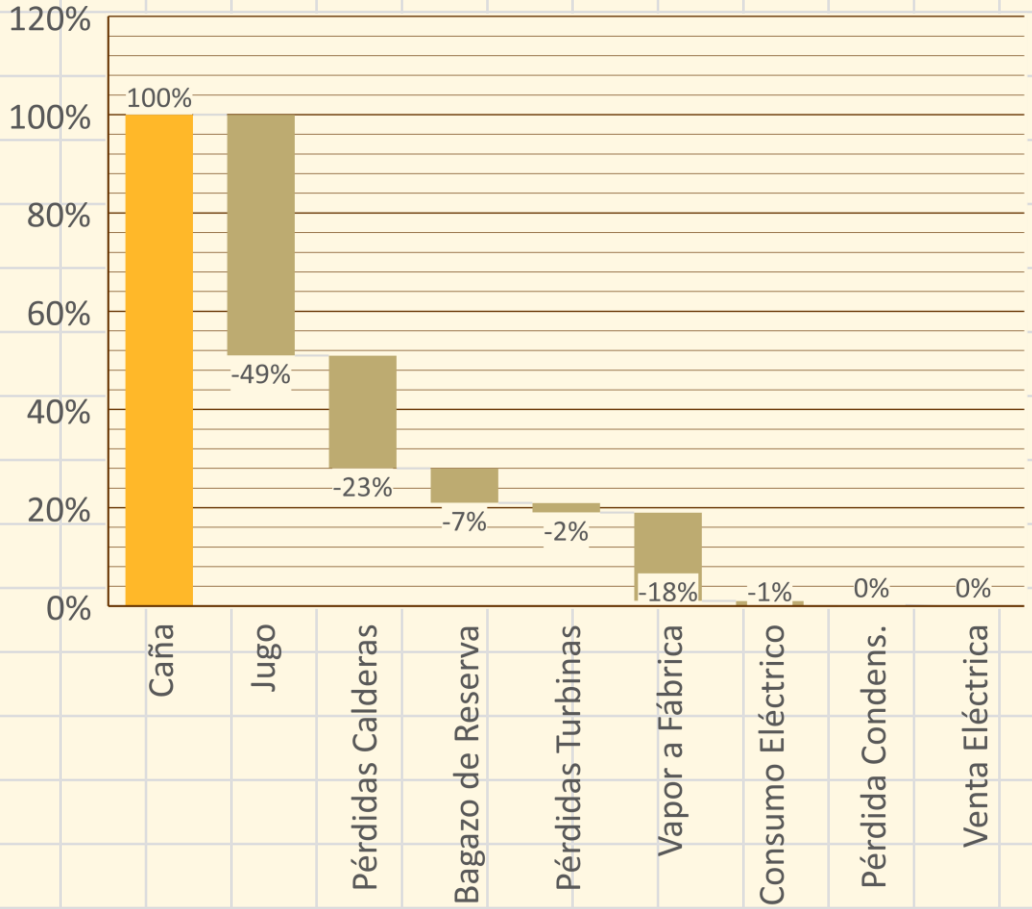
- Eventos importantes:
  - Años 70s, empieza a mejorar la eficiencia energética en Centro América y se dejan de consumir combustibles fósiles.
  - Años 80s, Hawái es notable en cogeneración, quemando también otros combustibles.
  - Años 90s, la idea cambia, de no consumir energía externa, a vender al sistema; otras industrias azucareras (Mauricio, Reunión) empiezan a cogenerar en mercados protegidos y ya hay cogeneradores en Brasil, aunque pocos.
  - Año 2000, las eficiencias y conceptos empiezan a afianzarse en Centro América; otras industrias azucareras (Brasil, Tailandia, Australia, India), empiezan a impulsar mucho la cogeneración como opción de mejorar rentabilidad.
  - En la actualidad, los precios más bajos por el crecimiento de la oferta, han disminuido el interés en estos proyectos, pero el proceso ha continuado evolucionando en el mundo.-

Punto de Partida en Centro América

- Considerando el año 1980:
  - Ya es común que no se consuma petróleo para la producción de azúcar.
  - La caña es quemada, cortada manualmente y llega bastante limpia (hoy nos sorprendería).
  - El bagazo sobrante, a veces, es un problema; el criterio es bajar la eficiencia para no tener el costo de descartar ese bagazo.
  - Los accionamientos mecánicos, con potencias de más de 250 kW, normalmente son motores de vapor de pistón o turbinas (a veces, hasta algunos más pequeños). Electrificación baja.
  - En el proceso, si hace falta vapor, se rellena vapor de alta presión al vapor de escape de las turbinas. Existen otros rellenos y venteos también en la evaporación, que normalmente es cuádruple efecto con poca extracción.
  - Se usa leña para iniciar la zafra.
  - Las eficiencias en recuperación de azúcar no son buenas (se usa poca agua en molinos y filtros especialmente).
  - No se vende energía eléctrica y operamos aislados de la red eléctrica nacional.-

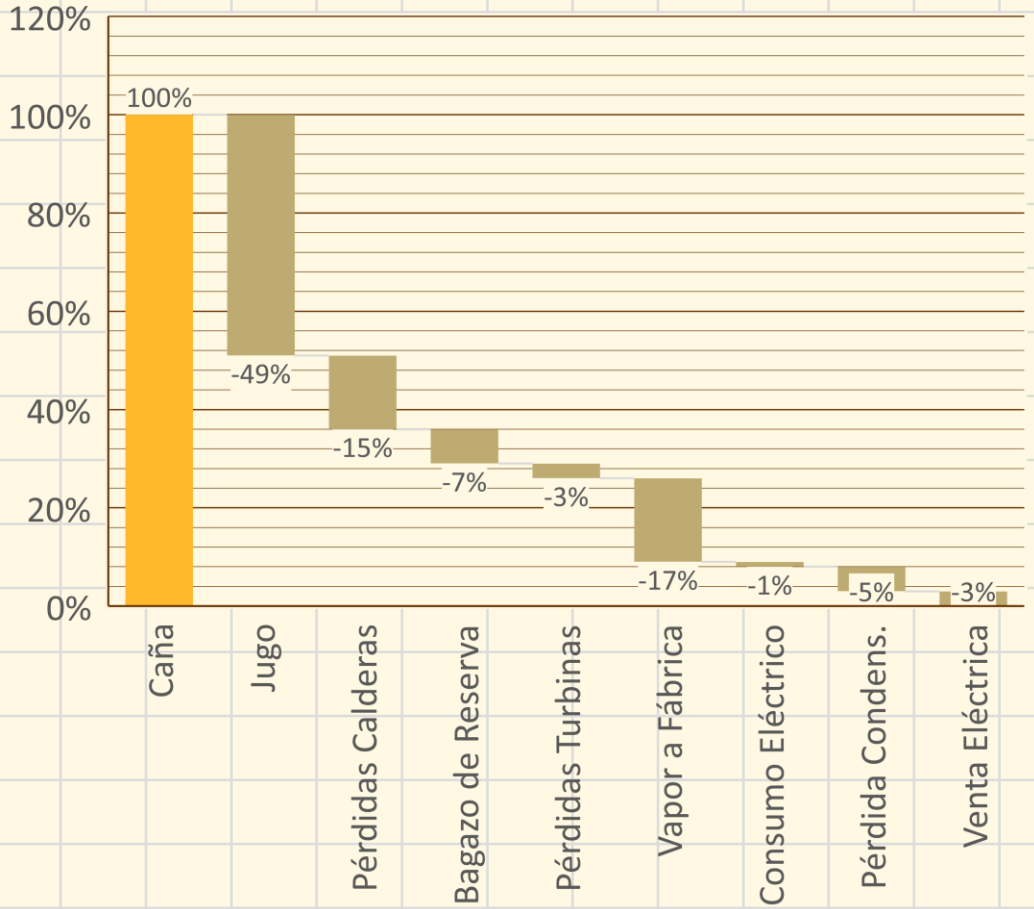
Bases del Análisis

- Se recolectaron datos reales, históricos de varias operaciones.
- Sobre esta base se hizo un modelo del balance de energía de un “ingenio virtual”, simplificado, buscando ilustrar el efecto de los distintos puntos.
- Se han aplicado las mejoras que históricamente se han conseguido, a este ingenio virtual, con generación eléctrica formada solo por un turbogenerador de escape y otro de condensación que operan a plena capacidad.
- Las interrelaciones entre las mejoras han sido consideradas en el modelo.
- En los comentarios aparecen los puntos de mejora que se han considerado en cada aspecto.-



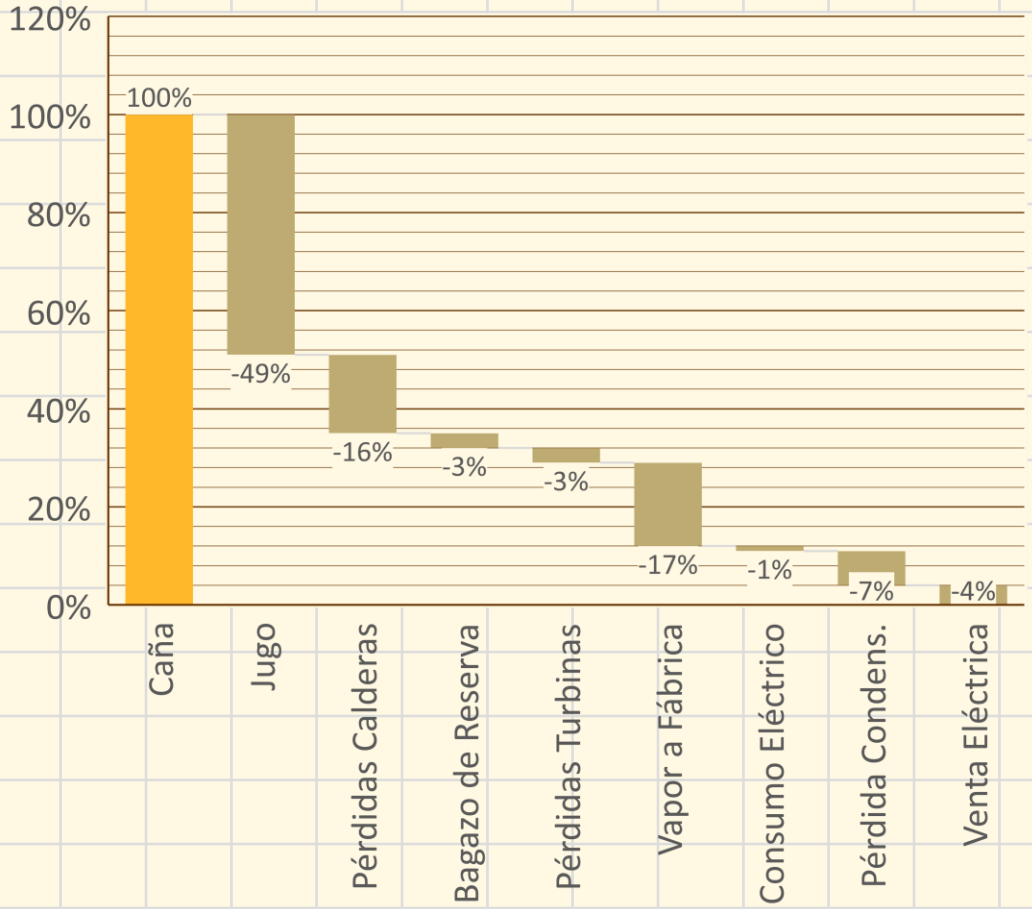
Pérdidas en Calderas

- Control del exceso de aire:
  - Si es bajo: formación de hollín, alto nivel de CO en gases de combustión.
  - Si es alto: calentamiento de aire adicional.
- Tamaño físico de la caldera (parrilla dimensionada para 2.84 – 3.47 MW $_{Térmico}$/m²); grado de sobrecarga.
- Pérdidas en aislamientos y superficies.
- Pérdidas físicas de vapor o agua caliente (incluye purgas).
- Humedad y cenizas en el combustible.
- Incrustaciones internas y externas en tuberías.
- Estabilidad en las condiciones de operación.
- Si pasamos de una eficiencia de 60% a 83% (ambos basados en PCI y con las mismas presiones) y generamos con una turbina de condensación usando el bagazo sobrante, podemos obtener una venta específica de 37.9 kWh/t.-



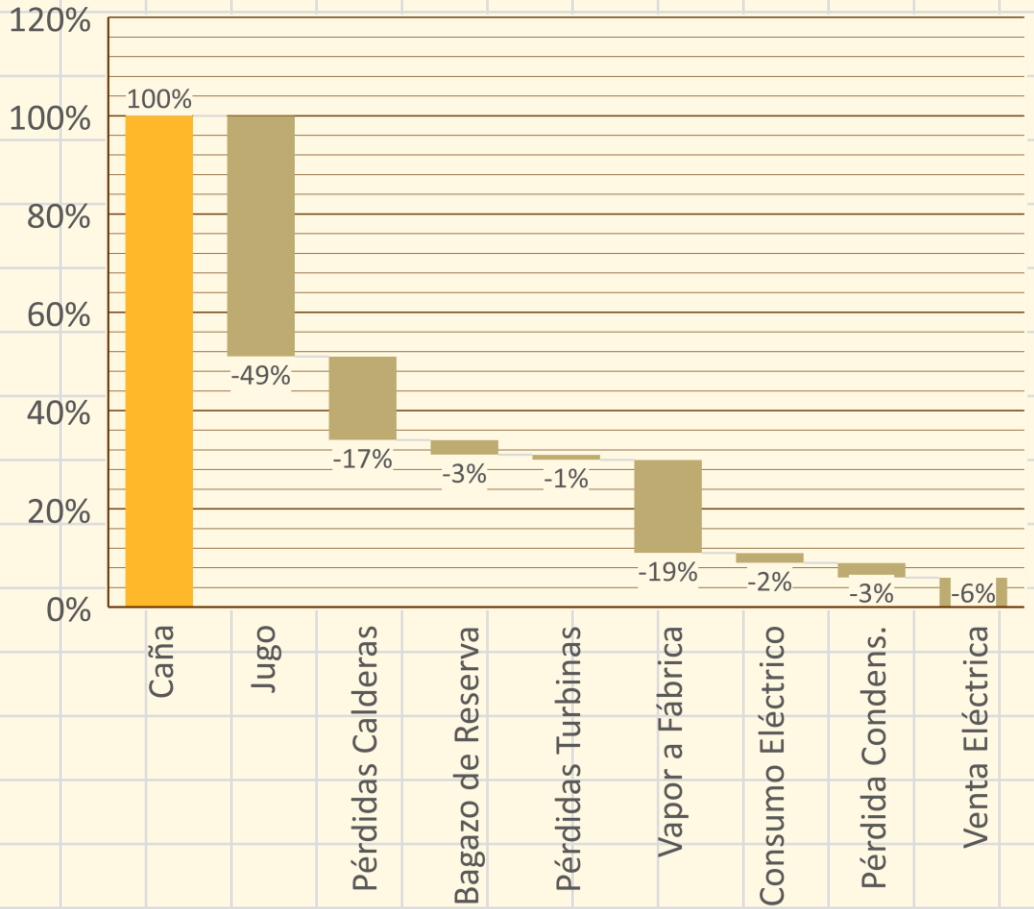
Bagazo de reserva

- Se necesita bagazo para cubrir el tiempo sin moler o con baja molienda.
- La estabilidad de la operación, puede requerir suministro de bagazo adicional al producido, que habrá que reponer después.
- El factor más importante es el control del tiempo perdido:
  - Efectividad del mantenimiento.
  - Evaluación de la mejor eficacia en el balance de mantenimiento correctivo y preventivo / predictivo.
  - Instalación de equipos de respaldo en posiciones críticas.
  - Mejora en el diseño de los equipos orientada a fiabilidad.
  - Uso de normas en los proyectos e instalaciones.
- El rebajar el tiempo perdido de alrededor de 13% a 5%, produciría un aumento de venta de 11 kWh/t (junto a la mejora en calderas, un total de 48.9 kWh/t).-



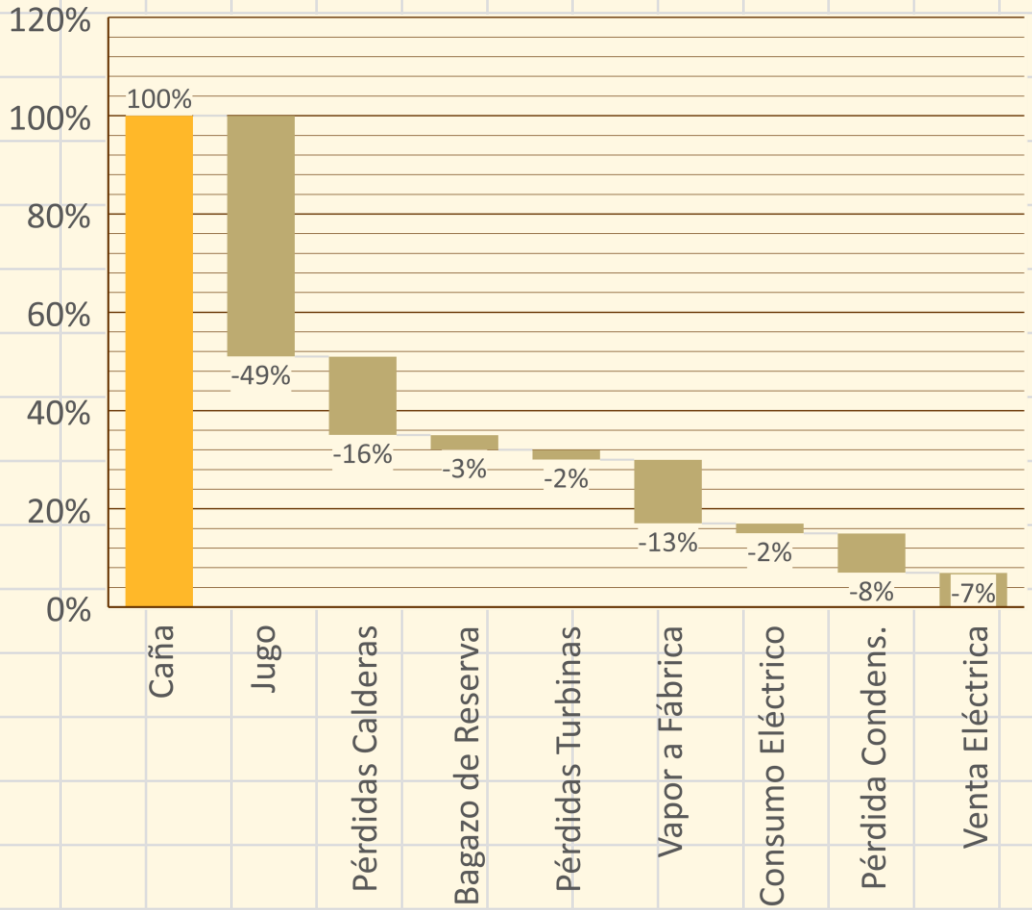
Pérdidas en Turbinas

- Cambio a turbinas mejores:
  - Operación con mayores presiones y temperaturas,
  - Más etapas, turbinas de reacción y no solo impulso (por lo menos parcialmente),
  - Mejor diseño de los álabes y sellos internos.
- Electrificación de todas las áreas (hasta tener turbinas solo en generación).
- Diseño de las máquinas para usarlas tan cerca, como sea posible, de su punto óptimo (observar que esto compromete los crecimientos).
- El cambio a uso de vapor a 63 Bar A y 510°C y la integración de turbinas de escape con eficiencia isentrópica de 85%, subiría de la etapa anterior 48.9 kWh/t (total de 94.6 kWh/t).-



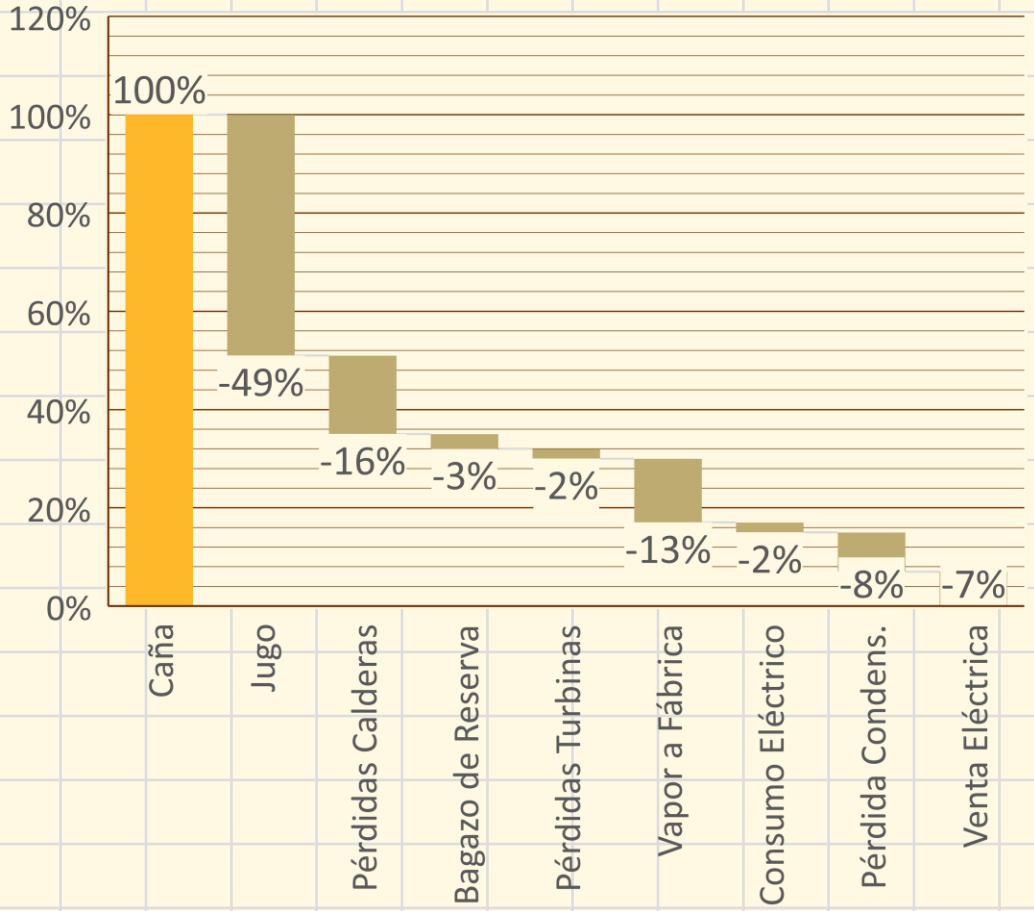
Ahorro en Consumo de Vapor

- Probablemente uno de los puntos más trabajados, que ha incluido puntos como:
  - Aumento en la cantidad y tipo de calentamientos de jugo,
  - Cambio en el diseño de calentadores,
  - Operación de la evaporación en quíntuple efecto,
  - Operación de tachos con vapores de menos presión (V2 y V3),
  - Uso de tachos continuos en masas “A” y “B”,
  - Control en la adición de agua al proceso,
  - Cambio en el criterio para aplicación de agua en la imbibición y en filtros de cachaza,
  - Mejora en aislamientos térmicos,
  - Calentamiento por contacto directo,
  - Tecnología Pinch.
- La disminución en el consumo de vapor, aunque mejora la venta ligeramente, aumenta la pérdida en el condensador de la turbina (más uso de condensación), pero lo que mejora es generar más fuera de zafra por bagazo sobrante.-



Consumo Eléctrico

- Cambio en los parámetros de diseño de tuberías y sistemas de bombeo (las pérdidas también consumen energía).
- Seguimiento al uso de equipos de respaldo y a la eficiencia de los equipos en operación.
- Uso de motores y equipos eléctricos con menores pérdidas.
- La disminución puede conseguir alrededor de 2 kWh/t, en función de los equipos que se consideren en la mejora (centrífugas son punto importante).
- El efecto en el conjunto, es bajo, pero sirve como criterio útil en la selección de equipos y el desarrollo de proyectos.-



Otras Tecnologías

- Recolección / Separación de Biomasa.
  - Dos tecnologías dominantes:
    - Recolección y empacado de la paja residual en el campo (alto contenido de cenizas y costo elevado de transporte).
    - Separación de la paja, que no se ha limpiado en el campo, en el ingenio (baja en la densidad del transporte y la limpieza obtenible es variable y puede requerir más de una etapa).
  - Existen diferentes opciones para limpieza de la caña, con costos y eficiencias diversas.
  - Hay mejoras interesantes en molienda (por menos fibra) y en general en el proceso (por aumento en las purezas de los jugos).
  - El contenido de cenizas (especialmente potasio), aumenta en el combustible, con riesgo de formar depósitos en el exterior de los tubos de las calderas.
- Uso de otras Biomasas.-

Otras Tecnologías

- Remoción de agua sin evaporación
  - Uso de sistemas de purificación de jugo y de remoción de agua con membranas de poro de tamaño controlado.
  - Aumento de consumo de energía eléctrica, menos térmica.
  - Es una tecnología nueva, con desarrollo prometedor.
  - El proceso en frío, requerirá mayores cuidados en el control de las bacterias.
  - Seguirá requiriéndose evaporación para cocimiento en tachos.
  - Tiene el potencial de operación con purezas mayores y mejor control de materias colorantes y polímeros (además de disminuir su generación en el proceso).
  - Hoy todavía no tiene costo competitivo para procesos industriales.
- Termo o turbo compresión
  - Equipo mecánicamente complejo, delicado y costoso.
  - Tecnología conocida.-

Otras Tecnologías

- Evaporadores de película descendente.
  - Diferentes tecnologías (placas y tubos); varios proveedores y diseños.
  - Hay aplicaciones exitosas en operaciones en Brasil y Tailandia (pero no todas lo han sido).
  - Aunque en teoría pueden usarse en todos los efectos, su uso en los primeros efectos es algo más usual.
  - Los problemas de incrustación y limpieza son potencialmente complicados; las primeras experiencias también lo han sido.
  - El control automático del equipo es crítico.
  - La ventaja es disminuir sustancialmente la elevación del punto de ebullición por nivel del líquido hirviendo (alrededor de un 11% del delta de temperatura total, en el conjunto de un quíntuple efecto).
  - Potencialmente podríamos agregar un efecto.
  - Un segundo punto es disminuir el tiempo de residencia y con ello, la generación de color y la pérdida asociada.-

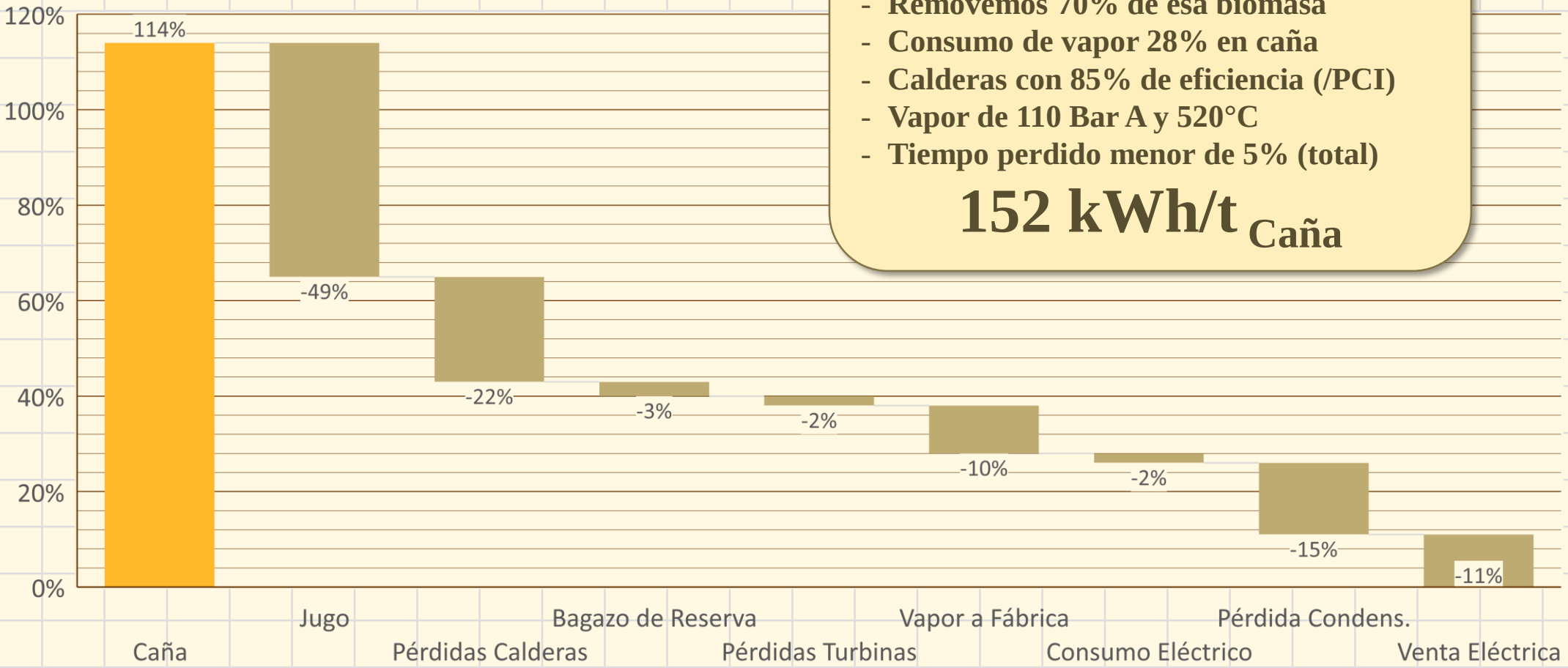
Otras Tecnologías (no consideradas)

- Gasificación del Bagazo:
  - Puede aumentar la eficiencia de la generación.
  - Requiere planta de ciclo combinado (más costosa).
  - En el proceso de gasificación se consume parte importante de la energía del combustible.
  - Los gases producidos son abrasivos y corrosivos.
  - No es comercial hasta hoy.
- Automatización integrada a otro nivel:
  - Difícil de asignarle un efecto específico.
  - Herramienta vital para conseguir estabilidad en el proceso y mejores eficiencias.
  - Importante para mejorar la calidad.
  - Menores tiempos de cocimiento en tachos.
- Opciones alternas para remoción de color:
  - Es uno de los puntos que hoy requiere adición de agua y recristalizar.
- Secado de bagazo:
  - No considerado porque requiere casi tanta energía como lo que obtendremos.-

Potencial

- **20% de Biomasa en Caña**
- **Removemos 70% de esa biomasa**
- **Consumo de vapor 28% en caña**
- **Calderas con 85% de eficiencia (/PCI)**
- **Vapor de 110 Bar A y 520°C**
- **Tiempo perdido menor de 5% (total)**

152 kWh/t Caña



Consideraciones a Futuro

- Hoy, el precio de venta de la energía, en nuestros países, dificulta conseguir la rentabilidad necesaria para proyectos grandes o tan radicales como los potencialmente requeridos.
- En la competencia con otras energías renovables, como eólica y solar fotovoltaica, tenemos como punto a favor, una operación controlada en el tiempo, por lo que no requiere almacenamiento de energía.
- La biomasa puede almacenarse con poca degradación por lo que puede conseguirse una operación anual rentable.
- Algunas de las tecnologías necesarias, necesitan madurar más para convertirse en comerciales y hoy no están disponibles para uso industrial.
- Los proveedores de India y China, con precios generalmente menores en equipos, ayudan a mejorar la factibilidad, pero deben continuar cerrando la brecha en la calidad.

Tres Puntos Importantes

- ✓ La cogeneración tiene el potencial de ser una opción interesante para mejorar la rentabilidad de las operaciones de producción de azúcar.
- ✓ Como en toda operación, la atención a los detalles, puede hacer una gran diferencia en la capacidad, calidad y eficiencia de los procesos.
- ✓ Para ser más rentable y cometer menos errores, es necesaria la aplicación de ingeniería integrada. No siempre habrá experiencias previas en algunos campos.

¿Preguntas?

Gracias…