

TÍTULO: Eliminación del consumo de agua cruda en el proceso de fabricación de azúcar crudo de caña.

TITLE: Elimination of the consumption of raw water in raw cane sugar production process

AUTORES:

Ing. Luis Enrique Rodríguez González.

DrC. Reydel Batista Mateo.

PAÍS: Cuba

RESUMEN:

Aborda la necesidad de encontrar fuentes seguras de abasto, sumado al creciente incremento del consumo de agua cruda al nivel nacional y considerando la incidencia negativa de su uso en los aspectos energéticos, medioambiental y calidad del producto azúcar crudo. Se propone el adecuamiento de los parámetros de temperatura y pureza de los condensados calientes, mediante un proceso de destilación realizado en la reserva de evaporadores de múltiple efectos, lo cual contribuye al decrecimiento del consumo de agua cruda industrial, e incluso a prescindir de ella. Los destilados más puros y calientes están destinados a la generación de vapor sobrecalentado, los de menor pureza y temperatura se utilizan en los procesos de imbibición, centrifugación, alcalización de jugo, sistemas de enfriamiento cerrados y demás sistemas del proceso de producción, en correspondencia con las exigencias particulares de cada sistema. Con la aplicación de la propuesta se logra, además de la eliminación del consumo de agua cruda industrial, ventajas energéticas por concepto de aprovechamiento del calor sensible presente en los condensados reincorporados al proceso, disminución de las purgas en los generadores de vapor, permanente limpieza de las superficies de intercambio térmico y mayor aprovechamiento de la capacidad de generación eléctrica instalada.

PALABRAS CLAVES: AGUA CRUDA, EVAPORADORES, CONDENSADOS CALIENTES, AZÚCAR CRUDO.

ABSTRACT:

This paper approaches the need to find safe supply sources, given the increase of raw water consumption in the country and considering the negative effect it has on energy efficiency, on the environment and on the quality of raw sugar. This investigation proposes the adequacy of parameters such as temperature and purity of hot condensed, by means of a distillation process carried out in the reservation of evaporators of multiple effects, which contributes to less consumption of raw industrial water, or even no consumption at all. The purest and hottest distilled liquids are destined for the generation of overheated steam, the ones with less purity and temperature are used in the processes of

absorption, spin-drying, juice alkalization, closed cooling systems and other production process systems, in accordance to the particular requirements of each system. In addition to less raw industrial water consumption, the application of this proposal renders advantages concerning energy efficiency by making use of the sensible heat present in the condensed materials reestablished to the process. It also brings about less purgings in the steam-driven generators, permanent cleanliness in the thermic interchange surfaces and better use of the electric generating capacity.

KEY WORDS: RAW WATER, EVAPORATORS, HOT CONDENSED, RAW SUGAR.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de fabricación del azúcar crudo de caña se obtiene, inevitablemente, gran cantidad de condensado vegetal, utilizable como agua de reposición en la generación de vapor y en otros sistemas del proceso. Esto es posible por las características propias de la materia prima, que contiene aproximadamente 75 % de agua del total de su peso, y al uso de los esquemas energéticos tradicionales.

Fallos de hermeticidad en los intercambiadores de calor y el incumplimiento de la disciplina tecnológica, aspectos frecuentes en las fábricas de azúcar, son algunos de las causas que provocan la contaminación de los condensados con sacarosa; no siendo éstos aptos para la alimentación de los generadores de vapor, generalmente, se expulsan hacia la zanja cuando han sido cubiertas otras necesidades del proceso productivo. Lo anterior conlleva al uso de las fuentes de agua cruda.

En los últimos años el consumo de agua ha aumentado a razón de 1 a 1.5 % por año, fundamentalmente, en los países desarrollados. A pesar de que el 71% de la superficie del planeta está cubierto por mares y océanos, la cantidad de agua dulce disponible para usos industriales, agrícolas, domésticos y de algún otro tipo es limitada, alcanzando solo el 0.003% [<http://www.monografias.co16/industria-azucarera/industria-azucarera.shtml>].

La Comisión Nacional de Ecología de México publicó el Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente, donde aparece la siguiente información [<http://www.monografias.co16/industria-azucarera/industria-azucarera.shtml>].

Industria	Extracción (%)	Consumo (%)	Descarga (%)
Azucarera	35,20	22,30	38,80
Química	21,70	24,40	21,00
Papelera	8,20	16,10	6,00
Petróleo	7,20	3,70	8,20
Bebidas	3,30	6,40	2,40
Textil	2,60	2,40	2,70
Siderurgia	2,50	5,50	1,70
Eléctrica	1,50	4,70	0,70
Alimentos	0,20	0,30	0,20

Tabla 1. Porcentajes en materia de extracción y consumo de agua potable así como de descargas de aguas residuales de los principales giros industriales de México.

En la tabla anterior se destaca la industria azucarera como la de mayor extracción de agua cruda y la de mayor descarga como residual líquido al medio ambiente. Si se toma en cuenta la posibilidad real de utilizar el agua contenida en la caña, es completamente irracional que dicha industria obtenga tales cifras, siendo explicable solamente por un mal manejo de este importante recurso energético y medio ambiental.

Según el criterio de muchos investigadores, actualmente se consume mucha agua en la industria azucarera, lo que constituye un serio problema para algunos países, debido a lo limitado que es este recurso. La industria azucarera puede alcanzar alto consumo de agua que incluye hasta casi 0.141 Kg agua/Kg caña como máximo [<http://www.monografias.co16/industria-azucarera/industria-azucarera.shtml>].

El siguiente reporte estadístico del Ministerio del Azúcar en la provincia Holguín, refleja los índices de consumo de agua cruda por caña molida muy superiores a lo referenciado anteriormente.

Tabla 2. Índices de consumo de agua cruda por caña molida en los Centrales Azucareros de la provincia Holguín. [Kg. agua/Kg. caña].

Complejo Agroindustrial	Real 2000	Real 2001	Real 2002	Real 2003	Real 2004	Real 2005	Real 2006	Real 2007	Real 2008
Loinaz Echevarria	1,20	0,80	0,65	0,90	1,00	0,80	0,70	0,39	0,53
López Peña	0,58	0,50	NM	0,85	NM	NM	NM	NR	0,50
Cristino Naranjo	0,99	0,66	0,62	0,35	0,33	NM	0,19	0,44	0,30
Urbano Noris	0,5	0,5	0,55	0,55	0,65	0,55	NM	0,30	0,28
Fernando de Dios	0,51	0,50	0,52	0,85	0,60	0,40	0,09	0,45	0,38
Índice de la provincia	0,69	0,54	0,57	0,67	0,73	0,55	0,39	0,41	0,38

Tabla 2. Índices de consumo de agua cruda por caña molida en los Centrales Azucareros de la provincia Holguín. [kg agua/kg caña].

NM No molió

NR No representativo, solo se hizo una prueba para alistarlos con vistas al 2008. La información dada en la tabla anterior, justifica la necesidad de realizar una investigación en aras de eliminar el consumo de agua cruda en esta industria, en la que los consumos de agua cruda responden a condiciones objetivas y subjetivas muy particulares de cada fábrica.

MATERIALES Y METODOS.

Se emplearon los métodos tradicionales de organización de la investigación.

Métodos de nivel Teórico:

- Análisis histórico - lógico.

Para el estudio del aprovechamiento de los condensados calientes, es necesario conocer los antecedentes del sistema a evaluar; tipología del equipamiento instalado, características técnicas del equipamiento existente, índice de consumo de agua por caña molida en años anteriores, y toda una serie de información preliminar que conforman el historial del enclave.

- Hipotético – deductivo.

A partir de la hipótesis planteada, se deduce la calidad de los condensados obtenidos mediante el proceso de destilación de condensados calientes, utilizando la reserva de evaporadores de múltiple efectos y su posible utilización en el proceso de fabricación de azúcar crudo de caña. Esto permitirá dar cumplimiento a los objetivos planteados.

Métodos de nivel empírico:

- Observación:
Es necesaria la evaluación técnica del equipamiento por simple inspección; así como su ubicación, funcionamiento y posicionamiento dentro del sistema, la localización de las pérdidas de condensado y las posibilidades de interacción entre los distintos sistemas dentro del proceso de fabricación.
- Experimentación:
Durante la investigación se determinarán los parámetros de calidad de las diferentes sustancias comprometidas, tanto en el laboratorio central como en el laboratorio de la planta para el tratamiento de agua.

RESULTADOS DEL TRABAJO

Todos los esquemas de evaporación se basan en el principio fundamental de Rillieux, según el cual en un evaporador de múltiple efecto con n efectos, 1 kg de vapor de agua evapora N kg de agua. Su segundo principio referente a la extracción de vaporizado expone que, si una masa de vaporizado w se extrae

del efecto número m de un total de n efectos, y se utiliza en lugar de vapor de agua para un trabajo determinado, el ahorro de vapor de agua es igual a [MORRELL, Ignacio. 1985]:

$$\text{Ahorro de vapor de agua} = \frac{m}{N} \cdot W$$

Ambos principios son útiles para cálculos preliminares aproximados y, permitirán resultados más exactos en la misma medida en que el jugo alimentado al primer efecto esté a una temperatura lo más próxima posible a la de ebullición; si la desviación de esta es grande, los resultados serán de poco valor.

En cualquier esquema: Doble, triple, cuádruple e incluso de más efectos; siempre será ventajoso desde el punto de vista del ahorro de combustible, adelantar la evaporación todo lo que sea posible, ya que los tachos tienen un alto consumo de energía; pero siempre, el adelanto debe ser hasta puntos próximos a la saturación sin llegar a ella; con esta consideración puede tratarse de llevar el contenido en sólidos disueltos de la meladura hasta 65 %.

Los incrementos de concentración en los últimos vasos, que tienen un mayor vacío, son mayores que en los primeros. El vacío en el sistema se mantiene por la columna de agua del condensador, que tiene que ser del orden de los 11 m, ya que la presión atmosférica se equilibra con una columna de 0,76 m de Hg, pero como el agua es 13,6 veces menos densa que el mercurio (Hg) entonces: **0.76 m * 13.6 = 10.33 m**

Cuando el vapor se condensa cede su calor al agua, que por esta vía se calienta; el agua caliente que sale del condensador va al pozo barométrico y de ahí al enfriadero, del que sale en forma de chorros, intercambiando calor con el aire ambiental y disminuyendo su temperatura.

En la figura 1 se muestra la circulación de condensados en un esquema tradicional, común en los centrales azucareros cubanos.

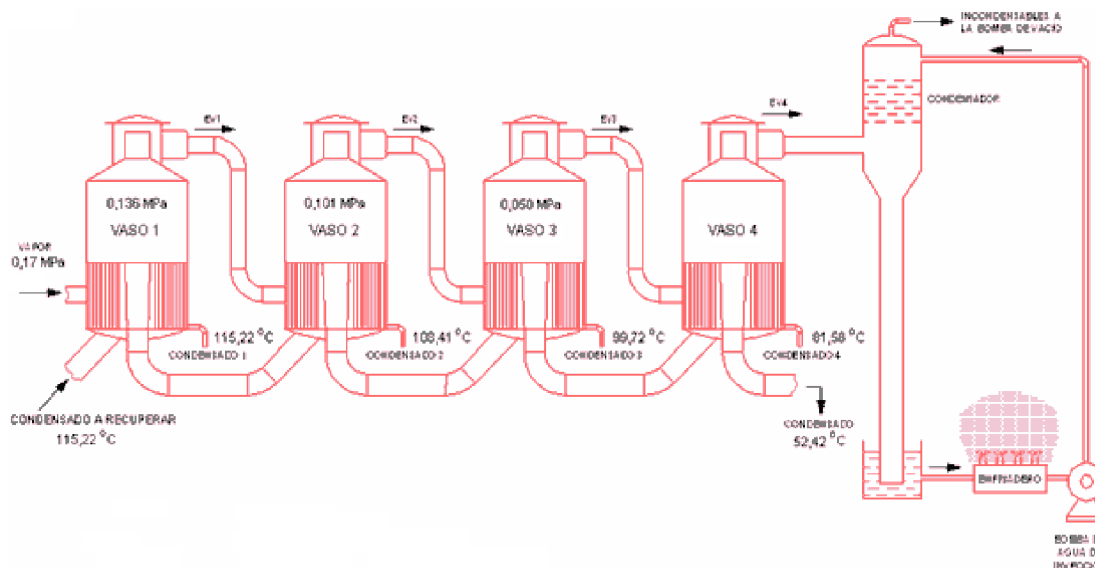


Figura 1. Distribución de condensados en el cuádruple efecto.

Pueden observarse la presión del vapor a la entrada de la estación evaporadora y la temperatura del condensado en cada uno de los vasos e inferirse su utilidad para diferentes sistemas dentro del proceso productivo.

Para garantizar la continuidad del proceso de producción del azúcar crudo de caña, se precisa de una reserva de evaporadores que permita la salida del evaporador en línea para su limpieza. El tiempo promedio de trabajo continuo de estos equipos depende en gran medida de las características del jugo que se procesa, y en general oscila entre 5 y 8 días; tiempo en que la reserva permanece inactiva.

Para adecuar los condensados, por concepto de temperatura o presencia de azúcar, se propone utilizar la reserva de evaporadores de múltiple efecto, de manera que la sustancia a evaporar sea el condensado caliente y la sustancia de calentamiento la fracción adicional de vapor al primer vaso, que en gran medida será compensada con la recuperación del calor latente presente en el mismo.

La salida del último vaso por la parte de jugo será condensado a 52 °C, aproximadamente, con mayor contenido de impurezas respecto al punto de entrada, pero óptimo para diferentes sistemas dentro del proceso de producción, como puede ser la imbibición, preparación de lechada de cal, filtración de la cachaza e incluso sistemas de enfriamiento cerrado, previo enfriamiento.

La distribución de los condensados hacia los diferentes sistemas del proceso productivo, estará en correspondencia con los parámetros de temperatura y pureza de estos, según el punto de evacuación y de las exigencias particulares de cada sistema.

Como solución técnica se propone conectar el colector de condensado contaminado del sistema centralizado con el primer vaso del múltiple efecto de reserva; utilizando para ello tuberías de acero negro y sistema de válvulas, que

permitan la operación de puesta en marcha del equipo, simultáneamente con el evaporador de jugo y su salida. Ver figura 2.

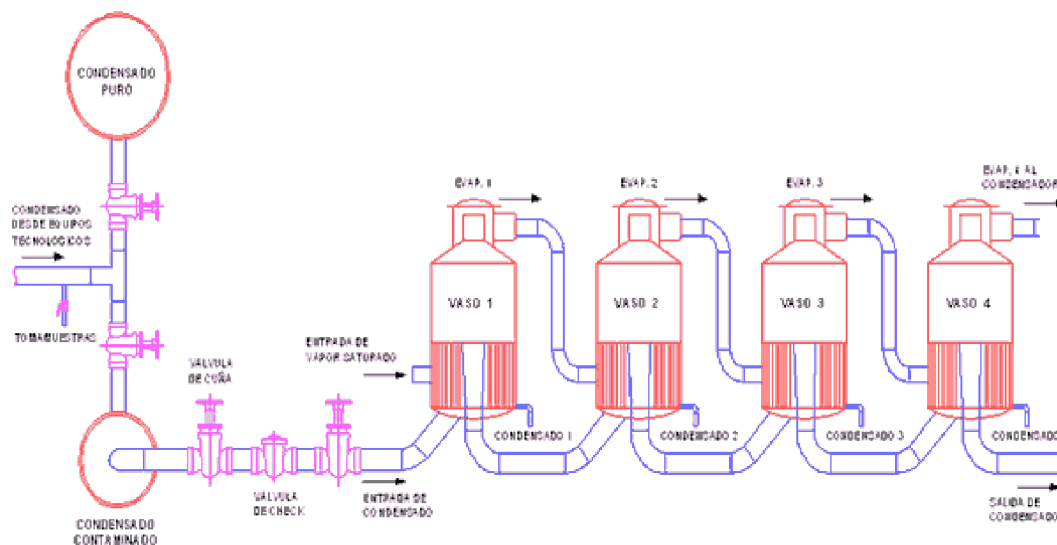


Figura 2. Descripción de la Propuesta de modificación.

CONCLUSIONES

1. La destilación de condensados calientes en la reserva de evaporadores de múltiple efecto permite adecuar sus parámetros para su utilización en el proceso de producción de azúcar crudo de caña.

RECOMENDACIONES

1. Generalizar los resultados de este trabajo, teniendo en cuenta las particularidades de cada Central Azucarero.
2. Mantener las estrategias tradicionalmente establecidas en la gestión del agua en la industria azucarera y adicionar la propuesta de modificación planteada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Castellanos, J. A.; González, F; Puerta, J. F. La Problemática del consumo de agua en la industria azucarera. [documento en línea] <http://www.monografias.com/trabajos16/industriaazucarera/industriaazucarera.shtml> [Consultado: 4 sep. 2008].
2. Espinosa, Rubén. Sistema de utilización del calor en la Industria Azucarera. La Habana: Editorial ENPES, 1990. 224 p.
3. García López, Ferrer. El Proceso de fabricación de azúcar crudo en los tachos. La Habana: Editorial Ciencia y Técnica, 1969. 352 p.
4. Hugot, E. Manual para Ingenieros Azucareros. 1. reimp. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1980. 803 p.
5. Keenan, Joseph H. Steam tables and Mollier diagram. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1975. 156 p.

6. Microsoft®Encarta®2007 [DVD]. Microsoft Corporation, 2006. (portador digital).
7. Morrell, Ignacio. Tecnología Azucarera. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985. 437 p.
8. Pérez de Alejo, H. Como hacer un uso eficiente de la energía en un central azucarero. La Habana: Editorial ENPES, 1995. 457 p.
9. Rodríguez, L. E.; Vega, L. E. Disminución del índice de consumo de agua por caña molida en el central "Cristino Naranjo". **Ciencias Holguín** 2008; 14 (2): 1 [Seriada en línea] <http://www.ciencias.holguin.cu/2008/Julio/articulos/ARTI11.htm> [consultado: 25 julio 2008].
10. Spencer, Heade. Manual de azúcar de caña. La Habana: Edición Revolucionaria, 1967. 460 p.

DATOS DE LOS AUTORES

Nombre:

Ing. Luis Enrique Rodríguez González. Profesor Auxiliar.
DrC. Reydel Batista Mateo. Profesor Titular.

Correo:

luise@facinf.uho.edu.cu
rbatista@facing.uho.edu.cu

Centro de trabajo:

(1) Departamento de Matemática. Universidad de Holguín, Ave. XX aniversario, s/n. Holguín. C.P.: 80100. Cuba.

(2) Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Holguín, Ave. XX aniversario, s/n. Holguín. C.P.: 80100. Cuba.