

# Zafra V. Ecuación de balance de materiales del tándem

Jorge T. Lodos-Fernández\*, Raúl J. Sabadí-Díaz

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)

Vía Blanca, No. 804 y Carretera Central. La Habana, Cuba

\* [jorgetomaslodos@gmail.com](mailto:jorgetomaslodos@gmail.com)

## RESUMEN

**Introducción.** La pesa de caña es la frontera agricultura/industria y el tanque de jugo mezclado, tándem/fábrica de azúcar.

**Objetivo.** Definir cómo medir lo que entra y sale del tándem y su influencia sobre el proceso ulterior.

**Materiales y métodos.** Básicamente, trabajos desarrollados en Cuba entre 1965 y el 2020.

**Resultados y discusión.** Hay que pesar la caña para pagarla, balancear el tándem y medir eficiencia industrial. Riesgo: presencia de partes metálicas para aumentar su peso. Medir el agua añadida en el tándem porque influye en la extracción de jugo y balance energético. Se recomienda que se duplique la fibra en caña. Más de 0.2 % de bagacillo en jugo mezclado afecta el peso del bagazo, menos puede afectar la clarificación. Los derrames y salideros afectan el balance. El error usual es 0.5 % y no afecta evaluar la situación operativa. Medir el jugo mezclado es fácil. Cuando se utiliza el método inferencial, hay riesgo de reducir la miel final, el jugo mezclado y Pol en caña para mejorar la eficiencia industrial.

**Conclusiones.** Hay que pesar la caña para pagar al cañero y conocer eficiencia industrial, medir el agua, vinculada a la extracción de jugo y humedad del bagazo y pesar el jugo mezclado, relacionado con la eficiencia industrial y desechar el método inferencial de cálculo.

**Palabras clave.** Balance material del tándem, peso de agua, peso de bagazo, peso de caña, peso de jugo mezclado.

## ABSTRACT

**Introduction.** The sugarcane weighing process marks the boundary between agriculture and industry, and the mixed juice tank represents the tandem/sugar mill.

**Objective.** To define how to measure what goes into and out of the tandem and its influence on future behavior.

**Materials and methods.** Basically, research works made in Cuba between 1965 and 2020.

**Results and discussion.** Sugarcane must be weighed for payment, to balance the tandem, and to measure industrial efficiency. Risk: the presence of metal parts to increase its weight. The water added to the tandem must be measured because it influences juice extraction and energy balance. It is recommended that the fiber content in the sugarcane must be doubled. More than 0.2% bagasse in the mixed juice affects the bagasse weight; less can affect clarification. Spills and leaks affect the balance. The usual error is 0.5% and does not affect the evaluation of the operational situation. Measuring the mixed juice is easy. When using the inferential method, there is a risk of underestimating the final molasses, mixed juice, and Pol content in the cane to improve industrial efficiency.

**Conclusions.** The cane must be weighed to pay the cane grower and determine industrial efficiency. Water content must be measured, as it is linked to juice extraction and bagasse moisture. The mixed juice must also be weighed, as it is related to industrial efficiency. The inferential calculation method should be discarded.

**Keywords.** Tandem material balance, weight of water, weight of bagasse, weight of sugarcane, weight of mixed juice.

## INTRODUCCIÓN

En artículos anteriores se discutió desde la cosecha de la caña hasta que está preparada y lista para entrar en el área de molienda y extracción de jugo (1–4). Es aquí donde, por primera vez, se dan las condiciones para hacer un balance de masas, conocido como la ecuación fundamental del proceso azucarero, porque están bien definidos los productos que entran y salen de ella. Al tándem entran la caña y el agua, fundamentalmente la de imbibición, que se transforman durante su operación en los productos de salida, bagazo y jugo mezclado, cuyas cantidades aproximadas son:

$$\text{Caña (100) + Agua (~ 30) = Bagazo (~ 30) + Jugo mezclado (~ 100)}$$

Aunque todos estos productos pueden pesarse o medirse, en realidad no en todas las fábricas de azúcar se realiza esta operación (5). En dependencia de cómo y en cuántas de ellas se realice, el balance será más o menos completo y confiable. También se presupone que no se haya añadido ninguna otra fuente de sacarosa a los molinos, como pudieran ser agua de imbibición, proveniente de retornos con azúcar o jugo de filtro o lodos de la clarificación recirculados. Si ese fuera el caso, habría que introducir en el balance de masas y de Pol del tándem los valores correspondientes. El objetivo de este trabajo es discutir, fundamentalmente, la experiencia existente sobre la ecuación fundamental de balance, que aparece en trabajos cubanos publicados entre 1965 y el año 2020, y en los resultados de los Institutos Cubanos de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) y de la Industria Azucarera (ICINAZ).

### ¿Por qué pesar la caña?

Porque es imprescindible para pagarle al cañero que la produjo y, también, para garantizar el balance de masas del tándem y medir la eficiencia industrial. Es en la pesa donde termina el ciclo agrícola y se inicia el industrial. Por ello, no debe escatimarse el esfuerzo a garantizar la calidad de esta medición. Esto comprende certificar la pesa, la fiabilidad de la determinación del peso, controlar sistemáticamente su calibración y la de la tara de los vehículos que transportan la caña, tener libre de residuos la plataforma de pesaje y que no haya obstrucciones en la holgura entre ella y la estructura de soporte, que afecten la veracidad de la medición.

La caña sale de la pesa tal cual entró. Es ahí donde se identifica también al cañero que la produjo para su pago (6). Luego de ser pesado, el vehículo con la caña pasa al patio de almacenamiento para esperar su turno de entrega–recepción.

El peso real de la caña, al entrar al área de molienda (el tándem de molinos), puede variar con respecto al medido en la pesa, porque permanezca demasiado tiempo en el patio de la fábrica de azúcar y pierda humedad (o la gane, si llueve) o porque durante las operaciones de transporte interno, descarga y preparación se produzcan derrames de caña o eliminación de materia extraña (que es parte de su peso) o de ambos, por las hendijas de los conductores, tanto más cuanto más preparada esté.

El mayor riesgo del área, ya con la pesa en perfectas condiciones, es la incorporación intencionada de partes de hierro o acero de equipos para aumentar el peso de la caña, como cadenas, hojas de cuchillas y arados, herraduras, tuercas y tornillos. Su presencia, además de afectar el balance del tándem es muy peligrosa, porque pueden romper sus cuchillas y equipos. Por ello, si se instala un separador electromagnético a la entrada del tándem, debe controlarse cada pieza o parte separada, intentar conocer su origen y actuar sobre los factores que la generaron.

El peso de la caña, que se asume como 100 y es la base del cálculo, es un componente fundamental del balance inicial de masas del tándem, que servirá para conocer el azúcar (Pol) que entra en la fábrica con la caña, el azúcar (Pol) que sale del tándem y entra al área de proceso con el jugo mezclado y la eficiencia que logra el proceso, expresada como recobrado o relación entre el azúcar

obtenido y el que entró con la caña, pérdida en bagazo y rendimiento o relación entre el azúcar obtenido y la caña de donde proviene (7).

**¿Por qué medir el agua?**

Porque decide en la extracción de jugo (azúcar) en el tándem y en el balance energético de la fábrica de azúcar. Además, junto con el bagazo contribuye, en forma significativa, al balance de masas del tándem. El agua que aparece en la ecuación fundamental de balance del tándem es toda la que se añade en este, en primer lugar, la llamada agua de imbibición. El agua de imbibición se adiciona a la entrada del último molino (a veces se añade, también, a la entrada del penúltimo) para “lavar” la caña/bagazo que le llega, que contiene el jugo más diluido de todos y mejorar su extracción. El jugo menos diluido obtenido del último molino se recircula al anterior y, así sucesivamente, en un proceso llamado “maceración” (figura 1), para agotar la caña/bagazo inicial, lo más posible (8).

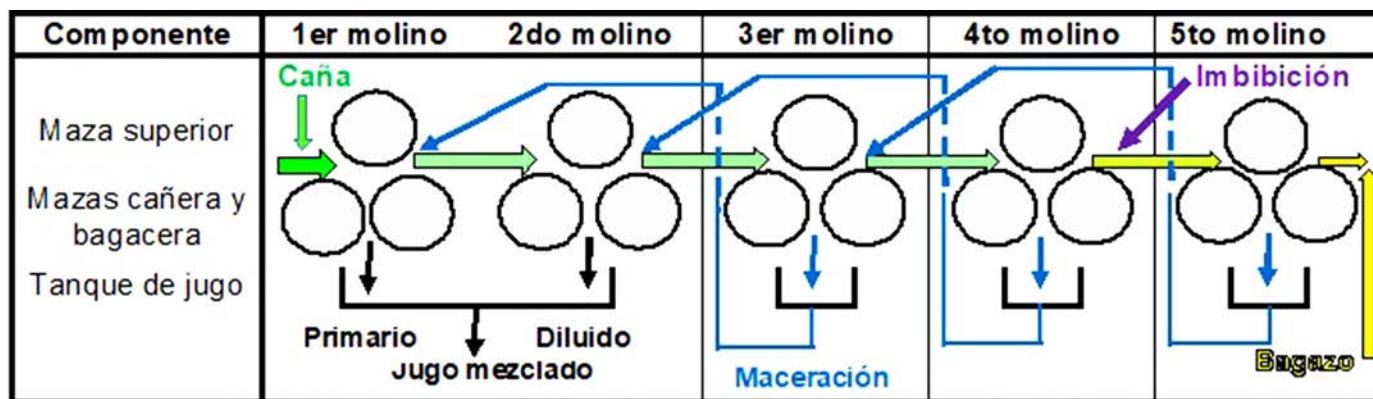


Figura 1. Distribución ilustrativa de imbibición y maceración.

También se añade agua para el lavado de los molinos y de los conductores, que puede coincidir con ser vapor de agua o agua caliente para desinfectar. En la hoja de control del laboratorio aparecen diferenciadas el agua “total”, que incluye a todas las anteriores, y el agua de “imbibición”. Evidentemente, el agua total tiene que ser mayor que el agua de imbibición, aunque en los reportes del laboratorio no siempre es así. Se recomienda que el agua de imbibición sea de no menos de dos veces el contenido de fibra de la caña, pues la curva extracción/imbibición tiende a estabilizarse a partir de ese valor. Esto eleva la contribución de la imbibición entre un 25 y un 30 % de la caña (9, 10). Si bien su proporción, respecto a la fibra, no varía; sí varía la referida al peso del material. Así, por ejemplo, en el último molino, la proporción de la imbibición, respecto al peso del bagazo, es de solo 1 a 1.

Si se añade poca agua de imbibición, se limita la extracción de jugo y se incrementa la pérdida de azúcar en el bagazo. Si se añade demasiada, se corre el riesgo de que se diluya el jugo que tiene que ser evaporado, lo que puede alterar el balance energético de la fábrica de azúcar, hacer que no alcance el vapor y que la concentración de la meladura sea menor. Tanto si se añade poca, como si se añade mucha agua de imbibición, se cambia la composición del jugo y no solo su concentración, porque se modifica su capacidad de extraer azúcar (11). No obstante, en general, la reserva de energía del bagazo debería ser suficiente para enfrentar ese desbalance, si se prevé adecuadamente.

Medir el agua de imbibición con flujómetros no debería ser una tarea difícil, porque es un líquido noble no corrosivo, cuya temperatura no pasa de 70 °C. No obstante, no en todas las fábricas de azúcar se mide el agua de imbibición. Medir el agua total sí puede ser más complicado, no por los equipos de medición a utilizar, sino por las diferentes fuentes de las que puede proceder, algunas no controladas. En la mayoría de las fábricas de azúcar se estima el agua total, que se asume como del

orden de un 2 % mayor que la imbibición. En otras se utiliza, incorrectamente, el agua de imbibición como el agua total para el balance del tándem. En las que aplican el método inferencial de balance de la fábrica de azúcar, frecuentemente el agua total es inferior al agua de imbibición.

La medición del agua que se añade en el tándem es importante para su balance de masas y, por ser una operación tan simple y de tan bajo costo, debería de priorizarse (junto con la medición del jugo mezclado), para garantizar el control de la producción de azúcar.

### ¿Por qué pesar el bagazo?

Debe pesarse el bagazo porque influye sobre la pérdida de azúcar del proceso y sobre la generación de vapor en las calderas. Además, junto con el agua, contribuye en forma significativa al balance de masas del tándem. Aun con las mejores condiciones de extracción en el tándem, siempre queda algún jugo residual (Pol, azúcar) en el bagazo, que se constituye en la segunda pérdida en importancia del proceso industrial (la primera es la pérdida en la miel final). El bagazo, además, es la “leña” de la producción de azúcar, y su contenido de humedad y, en menor medida, el tamaño de sus partículas, deciden sobre su calidad como combustible (tabla 1).

**Tabla 1.** Valores ilustrativos de características del bagazo

Características	Valor
Proporción de la caña, %	26 a 32
Pol, %	2 a 4
Humedad, %	48 a 52
Densidad a granel, con 50 % de humedad, kg/m <sup>3</sup>	< 100
Pentosanas, %	24 a 26
Tamaño promedio de haces de fibras, mm	18 a 20
Tamaño máximo de haz de fibras, mm	25
Calor de combustión seco, cal/g	4 400 a 4 600
Calor de combustión con 50 % de humedad, cal/g	1 800 a 1 850

Los valores de la tabla 1 son solo ilustrativos porque las características del bagazo dependerán, en gran medida, de factores anteriores a la fábrica de azúcar, como la variedad de caña, el esquema de su cosecha y su contenido y tipo de materias extrañas, por ejemplo, y de factores propios de la fábrica de azúcar, como la preparación de la caña y la eficiencia del tándem (12).

El bagazo es uno de los cuatro componentes de la ecuación de balance de materiales del tándem y, como tal, debería de pesarse. Sin embargo, la práctica usual es que se calcule a partir del contenido de fibra de la caña, como si toda se incorporase al bagazo. Solo se pesa, como regla, cuando se destina a ser usado en derivados (pulpa, papel y tableros, por ejemplo) o en la producción independiente de electricidad en bioeléctricas, y se contabiliza, se vende y se cobra (13). Realmente, parte de la fibra se va con el jugo mezclado en forma de bagacillo. El bagacillo se forma durante la preparación de la caña en las cuchillas, desfibradoras, desmenuzadoras y molinos. Aun cuando se intenta separarlo en los “filtros de bagacillo” y restituirlo al proceso, un cierto porcentaje se contabiliza como jugo mezclado y debe tomarse en cuenta en el balance de la ecuación fundamental.

En general, el jugo mezclado, que alimenta el filtro, contiene entre 10 y 20 g/L de fibra, en forma de bagacillo acompañante. El jugo mezclado saliente, el jugo mezclado propiamente dicho, que se contabiliza en la ecuación de balance, contiene hasta 0.2 g/L de fibra, conformada por las partículas más finas que se separarán en la clarificación.

El bagacillo, con hasta un 80 % de humedad que se separa en el filtro, se incorpora a la caña/bagazo y sale, finalmente, con el bagazo. La fibra en el jugo mezclado, dejada de contabilizar en el

bagazo, lo incrementaría en 0.2 %. El bagazo pasaría de ser del orden del 30 % de la caña, a ser del orden del 30.2 %, con una diferencia positiva inferior al 1 %, que define el error del balance del bagazo, atribuible al bagacillo presente en el jugo mezclado (14).

### ¿Por qué pesar o medir el jugo mezclado?

Porque su valor, y el del azúcar (Pol) que contiene, son decisivos para poder conocer la eficiencia real del proceso de extracción del azúcar del jugo. Además, junto con la caña, deciden por su magnitud el balance de masas del tándem. Es una medición indispensable, sin la cual no es posible conocer, realmente, cómo se comporta el proceso. En el jugo mezclado, como se mencionó, hay que distinguir al original, que sale de los molinos y que contiene bagacillo en suspensión, del que va a la casa de calderas, que es el que debe pesarse y utilizarse en la ecuación fundamental de balance, que ya pasó por una etapa de separación del bagacillo. Este jugo mezclado se convierte en la materia prima de la llamada “casa de calderas”, en la que el proceso se vuelve continuo y donde se purifica y evapora, y se le extrae el azúcar por cristalización.

Evidentemente, un exceso de bagacillo en el jugo mezclado-filtrado afectaría la relación bagazo/jugo mezclado, del balance de masas del tándem, ya que se contabilizaría como extrajugo mezclado y dejaría de considerarse como bagazo, aunque no se afectaría la magnitud de la salida de la ecuación, a la que ambos pertenecen. Por otro lado, no conviene tampoco que no haya bagacillo en el jugo mezclado-filtrado, pues es un coadyuvante de la formación de flóculos, y podría afectarla y producir una cachaza menos compacta.

### Importancia de pesar el jugo mezclado

Cuando se procesa la caña en el tándem de molinos, su contenido de azúcar (Pol) se distribuye entre el bagazo y el jugo mezclado. Determinar la cantidad de azúcar que tiene el jugo mezclado es fundamental para evaluar la eficiencia del proceso industrial. También puede indicar, si su valor es anormalmente bajo, la existencia de rebozos en tanques o de salideros, por perforaciones en tanques o tuberías, o de falta de hermeticidad en acoplamientos en el área de molienda.

Esta medición es el punto de partida para conocer el balance de azúcar en el proceso que sigue a la molienda y extracción del jugo, y cuánto fue capaz la fábrica de convertir en azúcar físico comercial. También, cómo se distribuyó el resto entre los posibles otros destinos o pérdidas en miel final, cachaza e indeterminadas (arrastres, derrames, salideros y destrucción de sacarosa).

No es difícil medir la cantidad de azúcar en el jugo pues, usualmente, las fábricas tienen dos tanques de jugo mezclado por lo que, cuando uno se llena, se puede calcular el azúcar que contiene por su volumen (o peso), densidad y pureza, mientras se llena el segundo, lo que ya se hacía en la colonia en el siglo XIX (15). También pueden utilizarse flujómetros o celdas piezoeléctricas e, inclusive, asociar sus señales a mediciones continuas y registradas.

Hasta finales del siglo XX se utilizó, en muchas fábricas de azúcar, el llamado “método inferencial de cálculo”, por el que el contenido de azúcar en el jugo mezclado se calculaba “de atrás hacia adelante”, al sumar al azúcar producido el que contiene la miel final, la cachaza y el indeterminado, que no es posible medir y se fija entre 0.5 y 1.0 %. El contenido de azúcar (Pol) en la caña se calculaba, al sumarle al azúcar (Pol) calculado en el jugo mezclado, el contenido en el bagazo (16). En la actualidad, prácticamente, todos los países que producen azúcar de caña pesan (miden) el jugo mezclado.

Cuando se utiliza el método inferencial, se corre el riesgo de que se alteren los valores del azúcar perdido, fundamentalmente en la miel final, para reducir el que entró con el jugo mezclado (y con la caña) y mejorar el recobrado o eficiencia industrial. De esa manera, se reduce la cantidad de jugo mezclado y, para mantener el balance de la ecuación fundamental hay que reducir, también, la cantidad de agua añadida en el tándem.

En estos casos, es usual que la cantidad de jugo mezclado descienda, aproximadamente, en un 90 % (lo usual se encuentra en alrededor de 100 %) y que la cantidad de agua total descienda a menos del 20 % (normalmente, es de más de 20 %). En otras palabras, la cantidad de jugo mezclado es determinada por el total de las salidas de azúcar (Pol) en la fábrica y, a su vez, determina la cantidad de agua total añadida.

Cuando se ha comparado, en alguna fábrica de azúcar, la contabilidad azucarera, a partir de medir o calcular la cantidad de jugo mezclado, el método inferencial de cálculo siempre reducía la cantidad de jugo mezclado, de agua total (cuyo valor era inferior al del agua de imbibición) y de Pol en caña, mientras se incrementaba el recobrado, todos, en alrededor de un 10 % contra los valores obtenidos.

El azúcar “perdido” se localizaba en la miel final, cuya cantidad se reducía notablemente, aunque algunos autores no deseaban la idea de que estuviese localizado en las pérdidas indeterminadas, que se incrementarían en varias veces, aparentemente fuera de todo razonamiento lógico (7, 17).

Evidentemente, en estos casos, los análisis de eficiencia fabril, sobre todo los vinculados a la cantidad y pérdida en miel, a la cantidad de jugo, al recobrado y a la Pol en caña, tienen que ser revisados y considerados con mucha reserva.

### Influencia de otros componentes sobre el balance

Durante la molienda en el tándem pueden aparecer y desaparecer algunos productos. Así, por ejemplo, pueden aparecer productos de la contaminación microbiana, en particular oligo- y polisacáridos y ácidos orgánicos como el láctico, formados por la acción de bacterias como el *L. mesenteroides*. En una primera aproximación, su magnitud es irrelevante (inferior al 0.1 %, incluida en el error de las mediciones) y, además, no deben cambiar la composición material del jugo porque se forman a partir de los azúcares presentes, que desaparecen en una proporción similar. Esto es válido si los productos formados acompañan al jugo. Sin embargo, es frecuente en el caso de la dextrana, que sus geles se desprendan y salgan del proceso, aunque su influencia sobre la medición se mantendría en el rango del error experimental. También pueden añadirse diferentes productos químicos como bactericidas y agentes tensoactivos; aunque, de nuevo, sus cantidades no deben afectar, significativamente, el balance por ser inferiores al 0.1 %.

**Tabla 2.** Composición ilustrativa del jugo mezclado

Componente	% del jugo
Sólidos disueltos	15.0
Azúcares	13.6
Sales	0.7
Ácidos orgánicos	0.2
Fibra en bagacillo	0.2
Proteínas	0.1
Almidón y gomas	0.1
Otros, incluye tierra	0.1
Ceras, grasas y fosfátidos	0.01

Más peligroso, a los efectos del cálculo del balance, son los derrames de caña y, sobre todo de jugo; o su salidero, por perforaciones en los tanques o tuberías; o la falta de hermeticidad en los acoplamientos, que pueden ser muy significativos.

## Error de la medición

El error de la pesa de caña, si se tienen las precauciones adecuadas, es el propio del equipo, inferior al 0.1 %. El error en la medición del agua total está dado por la diferencia con el agua de imbibición, del orden entre el 2 y el 20 % al 30 % que debería de añadirse de esta, o del 0.5 % del total. Ambos errores, atribuibles a la entrada de materiales, son del orden del 0.6 %. El error en la medición de los productos de salida es, para el bagazo, del 1 %; mientras que, para el jugo mezclado, es el de la pesa, del orden del 0.1 %. Como resumen, es de esperar que el error, en ambos sectores de la ecuación, sea del orden del 1 %.

Ahora bien, siempre deben pesarse la caña y el jugo mezclado. Además, el bagazo puede estimarse bastante bien, como se vio, por la determinación de la fibra en caña. Bajo esas condiciones, a partir de la ecuación de balance, se puede calcular el agua total, que es el componente del balance con más dificultades para calcular directamente.

Un error del 1 % en la medición de tres magnitudes relevantes como la Pol de la caña ( $14.0 \pm 0.1$ , en lugar de 14.0), el agua total ( $30.0 \pm 0.3$ , en lugar de 30.0), o el recobrado ( $85.0 \pm 0.8$ , en lugar de 85.0) no afectaría sensiblemente la capacidad de la dirección técnica de la fábrica de azúcar, de poder evaluar su situación operativa. No es ocioso señalar que en el control del laboratorio de la fábrica de azúcar se utilizan 4 cifras para describir la magnitud de todos sus componentes, como es el caso, por ejemplo, del Brix de la miel final y de las purezas de materiales, ambos en el rango de 85.00, superior al que permiten los equipos de medición.

## CONCLUSIONES

1. En la pesa de caña termina el ciclo agrícola y se inicia el industrial.
2. La caña debe pesarse para pagarle al cañero, realizar el balance de masas del tándem y medir la eficiencia industrial.
3. El mayor riesgo en el pesaje de la caña es la adición intencionada de partes metálicas para aumentar su peso.
4. El agua añadida en el tándem debe medirse por su influencia en la extracción de jugo y en el balance energético de la fábrica de azúcar.
5. Se recomienda que el agua de imbibición sea de, al menos, dos veces el contenido de fibra de la caña, equivalente entre un 25 y un 30 % al de esta.
6. Un exceso del 0.2 % de bagacillo en el jugo mezclado-filtrado afecta el peso del bagazo. Su defecto puede afectar la formación de flóculos y la clarificación.
7. Los otros componentes formados en el tándem (oligo- y polisacáridos y ácidos orgánicos, por ejemplo), o añadidos (bactericidas y tensoactivos, por ejemplo) contribuyen con menos del 0.1 % a su balance.
8. Más peligroso para el balance son los derrames de caña y los salideros de jugo, por perforaciones en los tanques o tuberías y falta de hermeticidad en los acoplamientos.
9. El error en la medición del balance de masas del tándem es del orden del 0.5 % y no afecta la capacidad de la fábrica de azúcar, de poder evaluar su situación operativa.
10. En el tanque de jugo mezclado termina el balance del tándem e inicia el de la fábrica de azúcar.
11. Medir la cantidad de jugo mezclado es fácil, ya sea por la capacidad de sus tanques o por su volumen, con flujómetros o por su peso con células piezoeléctricas.
12. Cuando se utiliza el método inferencial de cálculo existe el riesgo de reducir el azúcar perdido en la miel final, en el jugo mezclado y en la caña y mejorar el recobrado y la eficiencia industrial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lodos, J.; Casanova, E. Zafra I. La caña que la cosecha necesita. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*. 2024. Vol. 58, No. 2, págs.3-10. ISSN: 0138-6204.
2. Lodos, J.; Casanova, E. Zafra II. La cosecha de la caña. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*. 2024. Vol. 59, No. 1, págs. 16-25. ISSN: 0138-6204.
3. Lodos, J.; Casanova, E. Zafra III. La transportación, pesaje y entrega de la caña. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*. 2025. Vol. 59, No. 2, págs. 29-35. ISSN: 0138-6204.
4. Lodos, J.; Sbadí, R. Zafra IV. La recepción y preparación de la caña. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*. 2025. Vol. 59, No. 3, págs. 35-46. ISSN: 0138-6204.
5. Hernández, L.; Diego, G. ; Cuellar, C. Balance de materiales en el tándem de un central. *Cuba Azúcar* 1975. No. 2, página 47. ISSN: 0590-2916.
6. Grupo empresarial AZCUBA (AZCUBA). Procedimiento para la aplicación de las Instrucciones metodológicas para el control y aplicación del Sistema de Pago de la Caña por su Calidad para la zafra 2020 – 2021. Resolución 170 del presidente de AZCUBA del 28 de octubre del 2020, 19 páginas.
7. Lodos, J.; Ribas, M. ¿Por qué pesar el jugo y cuáles son sus consecuencias?. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*. 2023. Vol. 56, No. 2, págs. 28-33. ISSN: 0138-6204.
8. Valdés, A. La ubicación de la maceración e imbibición en el tándem. *Revista ATAC*. 1976. No. 6, página 36. ISSN: 0138-7553.
9. Hugot, E. Chapter XIX: Imbibition, pages 280 – 314 in Handbook of Cane Sugar Engineering, 3a. Edition. Amsterdam-Oxford-New York – Tokyo. Elsevier. 1986. ISBN: 0-444-42438-5. 1186 pages.
10. Rein, P. Sección 5.8. Imbibición y aspectos relacionados, páginas 152 a 158 en Ingeniería de la caña de azúcar. 1ª edición en español. Berlin, 768P. Verlag Dr. Albert Bartens. 2012. ISBN: 978-3-87040-142-9. 879 páginas.
11. Pedrosa Puertas, R. Capítulo II. Molinos. 12. Influencia del agua de imbibición en la fabricación, páginas 48 a 50 en Fabricación de azúcar crudo de caña. La Habana, Cuba. Editorial Científico–Técnica. 1975. 478 páginas.
12. Gálvez, L., editor general. Capítulo 2.2. Bagazo, páginas 31 a 43 en Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. 3ª edición. La Habana, Cuba. Imprenta MINAZ. 2000. CDU: 664.11. 458 páginas.
13. Lodos, J. ¿Cuál bioeléctrica necesita la industria azucarera cubana? *Revista ATAC*. 2014. No 2, pág. 45. ISSN: 0138-7553.
14. Chen, J. Capítulo V. Purificación del jugo. 5.1 Tratamiento preliminar. Páginas 146 a 151 en Manual del azúcar de caña. 1ª edición. México. Editorial Limusa. Grupo Noriega. 2006. ISBN: 968-18-3662-6. 1203 páginas.
15. Moreno Friginals, M. El molino, páginas 203 a 214 en El Ingenio, complejo económico social cubano del azúcar. Tomo I. La Habana, Cuba. Editorial de Ciencias Sociales. 1978. 350 páginas.
16. Casanova, E.; Alonso, J. M. Método de inferencia para calcular el peso del jugo, pagina 17 en Métodos de cálculos para el control azucarero. 1ª edición. La Habana, Cuba. Publicaciones Azucareras. 2006, 60 páginas. ISBN: 959-7140-11-X.
17. Lodos, J.; Rodríguez, M. A.; Valdés, O. Control de la composición del alimento animal II. La medición cuantitativa de sus componentes. *Revista ATAC*. 1997. No. 2, página 41. ISSN 038-7553.