

**COMPARATIVO DEL CALCULO BAGAZO % CAÑA POR METODO DIRECTO FIBRA VS  
BAGAZO % CAÑA BALANCE GENERAL DE FABRICA.**

**COMPARISON OF CALCULATION BAGASSE% CANE METHOD DIRECT FIBER VS  
BAGASSE % CAÑA GENERAL BALANCE FACTORY.**

Rafael Arteaga Quiroz

Ingenio Carmelita S.A. Valle Del Cauca Colombia.

**Resumen**

Comparar si existe alguna diferencia significativa entre la obtención del Bagazo % caña por el método de fibra directa y el cálculo de este por el balance general de fábrica para tener la mayor confiabilidad del valor de este flujo, lo mismo que los equipos de medición tanto de flujos como los equipos de los análisis del laboratorio de calidad.

El estudio se realiza a partir de la caña preparada que entra al tándem de molinos, muestreando por intervalo de una hora cada diez minutos este material lo mismo que su bagazo, además de tener paralelamente los flujos de caña, agua de maceración y jugo bruto en el mismo lapso de tiempo.

Los resultados obtenidos se realizaron según las metodologías estándar de ICUMSA, en fibra directa para la caña y bagazo y se realiza el balance de materia del Ingenio para la misma variable (bagazo % caña).

Finalmente se comparan estos dos resultados estadísticamente por prueba de hipótesis para ver si hay diferencia significativa entre ellos.

Las conclusiones fueron muy positivas ya que no se encontró diferencia entre los resultados obtenidos, dando una excelente confiabilidad de los balances y mediciones del Ingenio.

**Palabras Claves:** Bagazo, Fibra % Caña, Fibra Directa y Fibra Indirecta.

**Abstract**

To compare if there is a Significant Difference between the value of the Bagasse % Cane, as calculated by the Direct Fiber Method and the value deducted from the General Balance of Factory in order to have the highest reliability of this value, same as for the flow measurement equipments and the analysis equipments of the Quality Assurance Laboratory.

The experiment was done by taking samples of the prepared cane coming into the mill tandem, every 10 minutes for one hour, and the corresponding bagasse plus the cane, diluted juice, and maceration water flows during the time of the experiment.

The results were processed using the standard methodology of CENICAÑA for the Direct Fiber in Cane and Bagasse performing the Mass Balance for the Ingenio with the basis of Bagasse % cane.

Finally, the two sets of results were statistically compared by using the Hypothesis Test of Significance to ascertain if any significant difference is present.

The conclusions are positive since no Significant Difference was found, offering excellent reliability of the Balance and Measurements of the Laboratory.

**Key Words:** Bagasse, Fiber % Cane, Direct Fiber y Indirect Fiber.

### Introducción

Debido a la alta incertidumbre que se genera en el balance global de un ingenio azucarero para la determinación de la variable Bagazo % caña, ya que influye en la determinación de la sacarosa % caña en un 30 % de su valor y además la posible subvaloración o sobrevaloración que se puede presentar en el cálculo de esta por la ecuación global de fábrica:

$$\text{Caña} + \text{Agua} = \text{Jugo} + \text{Bagazo}$$

$$\text{Bagazo} = \text{Caña} + \text{Agua} - \text{Jugo}$$

Ya que las causas principales son las posibles adiciones de aguas no contables en los molinos, estas son aguas que se agregan al proceso para limpiar atascamientos de la marmaja en las canales del interior del desagüe de los molinos.

Dicha agua se ve reflejada en la báscula de jugo aumentado el flujo de jugo y que no se refleja en la contabilidad del cálculo del bagazo.

Con base a la importancia de esta variable en el cálculo de las pérdidas indeterminadas que están asociadas a la sacarosa en caña; se definió realizar este trabajo comparativo apoyado por análisis estadísticos, donde se realizaron métodos directos de fibra tanto en caña como en el bagazo de la misma muestra para cálculo directo de bagazo % caña para relacionarlos con el cálculo del bagazo % caña según la ecuación global referente a la misma caña, agua y jugo en el mismo lapso de tiempo.

Los resultados mostraron concordancia en los dos cálculos y por ende una confiabilidad de todos los equipos de medición y pesaje para darle al ingenio una buena gestión en el balance de las pérdidas indeterminadas.

### **Materiales y Métodos**

Este trabajo se desarrolló sobre 25 muestras de caña preparada en la banda transportadora antes de entrar al primer molino como lo muestra la figura 1.



**Figura 1.** Muestreo de caña preparada

Las muestras fueron tomadas por día durante dos meses del año enero y febrero, cada día se muestreo una hora en una molienda normal, tomando cada diez minutos una cantidad de dos kilos de caña para tener un compuesto de seis muestras con un total 12 kg.

Luego de esto se cuartea dicha muestra para tomar la cantidad de caña necesaria para el análisis de la fibra Figura 2.



**Figura 2.** Cuarteo de la muestra caña

A los cinco minutos de estar tomando las porciones de caña preparada se estaba tomando las mismas porciones del bagazo a la salida del sexto molino figura 3.



**Figura 3:** Muestreo de bagazo

Para realizar un compuesto de este bagazo correspondiente al compuesto de la caña.

Paralelamente se estaban tomando las cantidades en toneladas de Caña molida, galones de agua de maceración y toneladas de jugo bruto o diluido.

Los métodos analíticos que se realizaron para calcular la fibra directa tanto en caña como en bagazo son los estandarizados en el manual de Laboratorio de TECNICAÑA Colombia.

Método de desintegración por medio del desintegrador JEFFCO figura 4.



**Figura 4:** Desintegración de muestras (Bagazo-Caña)

El extracto se le realiza brix tanto a la caña como al bagazo además de medirle a las muestras su humedad.

Con los anteriores análisis se halla por medio de las formulas del desintegrador el brix de la caña y bagazo.

**Ecuación Brix Caña:**

$$Bx = \text{lec bx extracto} * (6000 + (25 * H)) / (2000 * (1 - (0.0125 * \text{lecBx}))) \text{ Manual laboratorio móvil (2)}$$

Bx = brix caña

H = humedad de la caña.

**Ecuación Brix Bagazo:**

$Bxb = \text{lectura bx extracto} * (10000 + (25 * Hb)) / (1000 * (1 - (0.0125 * \text{lecbx})))$  Manual móvil (2)

Bxb = brix del bagazo

Hb = humedad del bagazo

ECUACION PARA LA FIBRA CAÑA:

$FC = 100 - Bx - H$

**Ecuación Fibra Bagazo**

$FB = 100 - Bxb - Hb$

Acto seguido se calcula el bagazo % caña directo, el cual se realiza de la siguiente forma:

Toneladas de fibra en Caña = Ton de fibra en Bagazo

Se asume una Base de cálculo caña = 1 tonelada

$1 \text{ Ton caña} * \text{fibra \% caña} = X \text{ Ton Bagazo} * \text{fibra \% bagazo}$

Se reemplaza el valor de las fibras % caña y bagazo realizados por análisis directo y queda de la siguiente manera:

$X = \text{Fibra \% caña} / \text{fibra \% bagazo}$

Donde X es el bagazo % caña. Directo.

Finalmente por medio de la ecuación global de materia se calcula el bagazo % caña indirecto así:

Balance global de fábrica, para hallar el flujo de bagazo:

$CAÑA + AGUA - JUGO = BAGAZO$

$$BAGAZO \% CAÑA = \frac{BAGAZO}{CAÑA} * 100$$

## Resultados Y Discusión

En el cuadro 1 se presentan los resultados de las 25 muestras de caña y bagazo que se realizaron durante el experimento con sus respectivos cálculos, utilizando las ecuaciones antes descritas.

Tabla I

NUMERO	MUESTRA	HUMEDAD	BRIX EXTRACTO	FBA DCTA CAÑA	FBA DCTA BAGAZO	BRIX BAGAZO	BGZO % CÑA X FBA DCTA	BALANCE DE MATERIA				BGZO % CÑA X BNCE GBAL
								TN AGUA	TN CAÑA	TON JUGO	TN BGZO	
1	Caña	67,20	4,11	17,25								
	Bagazo	49,97	0,34		42,91	3,54	40,200	20,62	92,35	90,54	22,43	24,29
2	Caña	68,00	4,32	15,56								
	Bagazo	55,00	0,38		41,01	3,99	37,942	27,60	101,60	95,57	33,63	33,10
3	Caña	67,24	4,41	16,00								
	Bagazo	55,00	0,32		41,65	3,35	38,415	27,60	102,33	85,51	44,42	43,41
4	Caña	67,30	3,65	18,97								
	Bagazo	50,00	0,48		44,99	5,01	42,165	24,37	100,00	85,51	38,86	38,86
5	Caña	67,42	4,30	16,25								
	Bagazo	54,28	0,48		40,68	5,04	39,946	23,00	102,43	90,54	34,89	34,06
6	Caña	67,30	4,38	16,06								
	Bagazo	50,02	0,50		44,79	5,19	35,856	27,60	98,31	90,54	35,37	35,98
7	Caña	68,90	4,58	13,56								
	Bagazo	49,89	0,52		44,68	5,43	30,349	27,60	87,41	85,51	29,50	33,75
8	Caña	67,98	4,26	15,82								
	Bagazo	50,00	0,48		44,99	5,01	35,163	27,60	75,42	80,48	22,54	29,89
9	Caña	68,00	4,25	15,84								
	Bagazo	50,00	0,39		45,93	4,57	34,487	5,90	22,65	20,14	8,41	37,13
10	Caña	68,00	4,64	14,27								
	Bagazo	50,02	0,46		45,20	4,80	31,571	25,30	99,00	90,72	33,58	33,92
11	Caña	69,00	4,25	14,79								
	Bagazo	50,00	0,41		45,72	4,28	32,349	25,30	102,69	95,73	32,26	31,42
12	Caña	67,50	4,32	16,09								
	Bagazo	50,00	0,53		44,43	5,54	36,214	25,30	107,30	95,57	37,03	34,51
13	Caña	68,03	4,74	13,83								
	Bagazo	49,92	0,32		46,75	3,33	29,583	25,30	96,65	90,54	31,41	32,50
14	Caña	67,53	4,41	15,69								
	Bagazo	49,38	0,53		45,09	5,53	34,797	25,30	94,23	80,48	39,05	41,44
15	Caña	68,30	4,23	15,61								
	Bagazo	50,20	0,47		44,89	4,91	34,774	25,30	100,32	85,63	39,99	39,86
16	Caña	66,00	4,60	16,55								
	Bagazo	50,00	0,40		45,83	4,17	36,112	25,30	96,96	85,59	36,67	37,82
17	Caña	67,10	4,20	16,99								
	Bagazo	50,00	0,46		45,33	4,80	37,481	22,13	84,18	75,45	30,86	36,66
18	Caña	68,34	4,58	14,15								
	Bagazo	48,60	0,53		45,87	5,53	30,848	25,30	89,52	90,54	24,28	27,12
19	Caña	68,05	4,01	16,75								
	Bagazo	50,00	0,46		45,20	4,80	37,058	23,00	94,83	80,48	37,35	39,39
20	Caña	68,00	4,78	13,70								
	Bagazo	50,00	0,81		41,51	8,49	33,004	23,00	92,85	85,51	30,34	32,68
21	Caña	68,90	4,42	14,20								
	Bagazo	47,50	0,57		46,56	5,94	30,498	23,00	89,37	90,54	21,83	24,43
22	Caña	68,43	4,22	15,51								
	Bagazo	48,32	0,65		44,89	6,79	34,551	20,70	96,23	85,55	31,38	32,61
23	Caña	70,34	4,07	14,70								
	Bagazo	47,32	0,68		45,59	7,09	32,244	25,30	104,48	100,60	29,18	27,93
24	Caña	67,00	4,35	16,46								
	Bagazo	49,80	0,55		44,46	5,74	37,022	10,56	88,33	65,51	33,39	37,80
25	Caña	68,00	4,27	15,76								
	Bagazo	50,00	0,55		44,25	5,75	35,616	25,30	101,26	90,54	36,02	35,57

Después de obtener estos resultados se procede a realizar el respectivo análisis estadístico aplicando la prueba de hipótesis para ver si hay diferencias entre las medias de dos poblaciones.

### Análisis Estadístico

Se tienen dos conjuntos de muestras y queremos saber si las medias de las dos poblaciones son iguales o no.

Aplicamos: Curso inferencia estadística (3)

$$1) H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \quad \alpha = 0,05$$

2) Se halla la media de las dos muestras;

$$\bar{X}_1 = 1/n * \sum x_{1i} \quad \bar{X}_2 = 1/n * \sum x_{2i}$$

3) Hallar las desviaciones;

$$S_1 = \sum x_{1i}^2 - (\sum x_{1i})^2 / n_1 \quad S_2 = \sum x_{2i}^2 - (\sum x_{2i})^2 / n_2$$

4) Se halla la desviación y el  $Z_0$  de las diferencias de las muestras;

$$s = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

$$Z_0 = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) / s$$

5) De la gráfica del Z se obtiene el Z crítico con los datos de;

$$Z \text{ crítico } (n_1 + n_2 - 2, \alpha)$$

Si:

$$|Z_0| \geq Z \text{ crítico} \quad \text{rechace } H_0$$

$$|Z_0| \leq Z \text{ crítico} \quad \text{acepte } H_0$$



En la Tabla II se tienen resumidos los resultados del bagazo % caña directo y bagazo % caña por balance de materia.

Tabla II

COMPARATIVO BAGAZO % CAÑA		
	BAG%CAÑA	BAG % CAÑA
MUESTRA	FIBRA-DIRECTA	BALANCE DE MATERIA
1	40.200	24.29
2	37.942	33.10
3	38.415	43.41
4	42.165	38.86
5	39.946	34.06
6	35.856	35.98
7	30.349	33.75
8	35.163	29.89
9	34.487	37.13
10	31.571	33.92
11	32.349	31.42
12	36.214	34.51
13	29.583	32.50
14	34.797	41.44
15	34.774	39.86
16	36.112	37.82
17	37.481	36.66
18	30.848	27.12
19	37.058	39.39
20	33.004	32.68
21	30.498	24.43
22	34.551	32.61
23	32.244	27.93
24	37.022	37.80
25	35.616	35.57
<b>MEDIA</b>	<b>35.130</b>	<b>34.244</b>
<b>DESVIACION</b>	<b>3.294</b>	<b>4.926</b>
<b>DATOS</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

Se halla la desviación y el  $Z_0$  de las diferencias de las muestras

$$S = \sqrt{\frac{(3,294)^2}{25} + \frac{(4,926)^2}{25}}$$

$$s = \sqrt{1,40}$$

$$s = 1,19$$

$$Z_o = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) / s$$

$$Z_o = (0,885) / 1,19 = 0,747$$

El Z crítico leído con el 5 % de error fue de:

$$Z = 1,96$$

Por lo tanto  $Z_o = 0,747 <$  que el Z crítico lo que significa que no hay diferencia significativa entre los dos experimentos.

### **Conclusiones**

- Se cumple con el objetivo de realizar el comparativo de los dos métodos.
- Al no haber diferencias significativas entre los dos cálculos, esto da la suficiente confiabilidad de que los equipos de medición tanto de los flujos, como los equipos de análisis del laboratorio están Calibrados y operando sincronizada mente.
- Otro aspecto importante es que al tener análisis directo de esta variable se puede confiar que el balance de perdidas es el más real posible y que las indeterminadas se reducen a su mínima expresión.
- Se recomienda tener estos análisis directos de fibra como rutina en la operación diaria del área de Calidad para tener al final del día una fuente de comparación con los flujos de los balances y así tener la confiabilidad total del buen funcionamiento de todos los equipos y del buen manejo de aguas no contables en el área de molinos.

### **Referencias**

- Tecnicaña. (1986). Manual de laboratorio para la industria azucarera, Ed. Carlos E. Buenaventura.
- Cenicaña. (2005). Manual de procedimiento laboratorio móvil. Calculo del brix directo de caña y bagazo, CENICAÑA.
- Curso inferencia estadística basica.[www.fca.unl.edu.ar/InferEst/TestHipot1.htm](http://www.fca.unl.edu.ar/InferEst/TestHipot1.htm).