



**UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS “CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ”
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

Título: Estudio de la influencia de las variedades de caña sobre los indicadores de eficiencia industrial en el Central “Antonio Sánchez”.

Autor: Heriberto Dueñas Echevarría.

Tutor: MSc. Víctor González Morales.

Cotutor: Ing. Orlando Manuel Stable Rodríguez.

Cienfuegos, 2015-2016

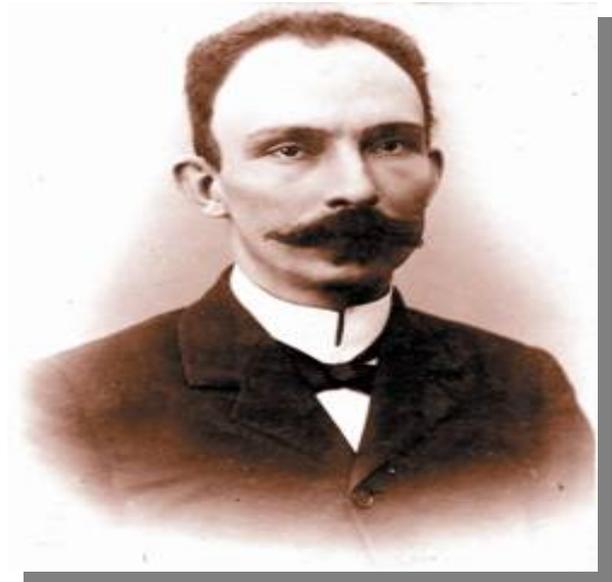
Pensamiento.



PENSAMIENTO

“Un hombre instruido vive de su ciencia, y como la lleva en sí, no se le pierde, y su existencia es fácil y segura”.

José Martí.



Dedicatoria.



DEDICATORIA

A mis padres, hermana y en especial a mis abuelas Panchita y Emilia que a pesar de no estar presentes en este mundo, siempre me apoyaron y me suministraron las fuerzas para seguir adelante.

Agradecimientos.



AGRADECIENTOS

Ser agradecido es una de las mayores virtudes que se le ha dado al hombre, pues en todas las circunstancias de la vida necesitamos de esa mano amiga que nos apoye y ayude.

Por este motivo quiero agradecer:

- ❖ A mi madre Alexis Echevarría la Rosa, por estar siempre a mi lado, por querer que todo me salga bien y por brindarme todo su apoyo, cariño y amor.
- ❖ A mi padre Heriberto Dueñas Ruedas por querer que salga siempre adelante, por ofrecerme todo su apoyo, su cariño y por darme tan buenos consejos.
- ❖ A mi hermanita Anileidy Dueñas Echevarría, por querer que todo me salga bien, por apoyarme siempre y por quererme tanto como yo la quiero a ella.
- ❖ A mi tutor Víctor González Morales por ser tan buen profesor y por transmitirme todos sus conocimientos, también por ser un gran amigo quien ha hecho de mí un gran profesional.
- ❖ A todos los trabajadores de la fábrica de azúcar Antonio Sánchez, en especial a mi cotutor, el compañero Pavel, quien

me brindó toda su ayuda, parte de su tiempo, todo con el fin de que este trabajo se realizara, gracias hermano.

- ❖ A mi cotutor de la Universidad de Cienfuegos el Ing. Orlando M. Stable Rodríguez, un gran amigo del cual estoy muy agradecido por toda su ayuda.
- ❖ A todos mis profesores por su gran esfuerzo y dedicación en el transcurso de mi carrera, los cuales han contribuido a mi formación profesional.
- ❖ A mis compañeros de la universidad con quienes compartí momentos buenos y malos, en especial a mis hermanos: El Pollo, Amado, Madrazo, Yorlan, Lázaro, María Luisa, Liosmel, El Blanco, Alejandro, Hairon, Wilmer, Pineda, Dairon, el Pirata, Rubén, Yosley, Oslery, Grillo, Gesner y en fin a todos.
- ❖ En fin mil gracias a todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron para ver este sueño hecho realidad y que siempre creyeron en mí.

A todos mis mayores gracias.

Resumen.



RESUMEN

El estudio de nuevas variedades de cañas de azúcar, permite aumentar la producción de sacarosa con mejores perspectivas de rendimiento industrial y resistencia a plagas y enfermedades. En este trabajo se analizan las variedades de caña (en la etapa de zafra), teniéndose en cuenta los componentes del rendimiento agrícola e industrial para así encontrar las variedades más efectivas en el proceso productivo de la Fábrica de Azúcar "Antonio Sánchez", municipio: Aguada de Pasajeros, Provincia Cienfuegos, el cual posibilita un mejor rendimiento económico productivo. Para la investigación se tuvo en cuenta la caracterización de las variedades de caña en estudio, los factores de manejo y los componentes del rendimiento industrial (toneladas de caña por hectárea, porcentaje de POL en caña y toneladas de POL por hectárea como expresión del potencial agroazucarero), se realizó un estudio en un área de la industria, la cual permitió identificar las variedades más efectivas a través del procesamiento de las zafras (2011-2012) y (2012-2013) mediante una base de datos procesada en Software, tales como: Microsoft Excel, STATGRAFICS 5.0. Los resultados permiten modernizar integralmente la agroindustria azucarera, aumentar el rendimiento de la empresa con mejoras en la calidad del producto final, con menos costos y mayor eficiencia, e incrementar la producción de caña y azúcar por hectárea.

Palabras claves: Variedades, azúcar, producción, rendimiento, eficiencia y resultados.

ABSTRACT

The study of new varieties of canes of sugar, allows increasing the sucrose production with better perspectives of industrial yield and resistance to plagues and illnesses. In this work the cane varieties are analyzed (in the harvest stage), keeping in mind the components of the agricultural and industrial yield stops this way to find which are more effective of these varieties in the productive process of the Factory of sugar Antonio Sánchez of the municipality of Watery of Passengers, facilitating better productive economic yield in the production of sugar. For the investigation one kept in mind the characterization of the cane varieties in study, the handling factors and the components of the industrial yield (tons of cane for hectare, pol percentage in cane and tons of pol for hectare like expression of the potential agroazucarero), he/she was carried out a study in the area of the industry that allowed to identify the most effective varieties through the prosecution of the harvests (2011-2012) and (2012-2013) by means of a database processed in programs as Microsoft Excel and STATGRAFICS 5.0, as well as the conformation of a work group integrated by experts and direct workers to the production cañera to which was carried out a survey, allowing to emit their approaches to near the same ones. The results allow to modernize the sugar agroindustry integrally, to increase the yield of the company with improvements in the quality of the final product, with less costs and bigger efficiency, and to increase the cane production and sugar for hectare.

Key words: Varieties, sugar, production, yield, efficiency and results.

Índice.



ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I: Estudio de las variedades de caña de azúcar.	5
1.1 La caña de azúcar.	5
1.2 Variedades de caña de azúcar.....	7
1.3 Manejo de variedades de caña de azúcar.....	9
1.4 Características agronómicas, aspectos morfológicos y rendimiento potencial azucarero.	13
1.5 Condiciones agroclimáticas que influyen en el desarrollo de la caña de azúcar.	19
1.6 Parámetros industriales a tener en cuenta para la elección de las variedades de cañas más efectivas.....	20
1.7 Procedimiento utilizado para procesar las zafras en estudio.	22
Capítulo II: El efecto de las estructuras de variedades de caña sobre el rendimiento industrial de la UEB Antonio Sánchez.	24
2.1 Caracterización de la UEB Fábrica Azucarera “Antonio Sánchez”	24
2.3 Descripción literal del Organigrama de la Fábrica de azúcar.....	25
2.4 Descripción literal del proceso del azúcar.....	26
2.5 Criterios de los productores cañeros y los industriales.	29
2.6 Obtención de la base de datos para el análisis estadístico.....	30
2.7 Modelos estadísticos usados.....	32
2.8 Resumen y análisis de los resultados.	34
Capítulo III. Proyección de los balances de masa y energía, y el efecto económico.	43
3.1 Proyección de los balances de masa y energía.	43
3.2 Variables operacionales que ejercen mayor influencia en los equipos.	45
3.3-Desarrollo de los balances de masa y energía.....	46
3.4- Efecto económico.....	51
3.5- Consideraciones sobre el impacto ambiental de la propuesta.	57
Conclusiones generales	60
Recomendaciones.....	62
Bibliografía	
Anexos.....	

Introducción.



Introducción

La sociedad comienza con la aparición del hombre, quien se diferencia de los animales por su capacidad de razonar, es decir, que el trabajo lo ideó el hombre para satisfacer sus necesidades y a su vez, el trabajo influye en el hombre porque lo impulsa a buscar nuevas ideas tanto de trabajo como de organización social. Con el paso del tiempo se ha beneficiado la actividad productiva del hombre, que se vio en la necesidad de independizarse de las bondades que le brindaba gratuitamente la naturaleza a través del cultivo de plantas lo cual dió origen a la agricultura. Luego con la organización de las sociedades y las mejoras introducidas por el hombre en la agricultura, se ha ampliado tanto el número de especies como las áreas cultivadas dieron origen al proceso de selección y adaptación de variedades de caña de azúcar con mejores perspectivas de rendimiento y resistencia a plagas y enfermedades, que se ajustaran a la cultura y condiciones de ciertas localidades, que luego condujo al avance constante en técnicas de producción y la elaboración de productos (Zaldívar Salazar, 2016).

Matsuoka plantea:” *Para lograr un adecuado crecimiento y producción de los cultivos es preciso tener en cuenta las condiciones agroecológicas de la región que se trate*” (Matsuoka, 1991).

Según (Rossi, 2001): La caña de azúcar (“*Saccharum officinarum*, Lin”), es originario de Asia y constituye una de las fuentes principales de alimentación para el hombre, además de utilizarse ampliamente los productos derivados a partir de diferentes procesos industriales de este cultivo. En el mundo millones de hectáreas están dedicadas a estas plantaciones de caña, donde los principales países productores son Brasil, Pakistán, India, México, y Australia (Leiva Suárez, 2013).

(Riera, 2004) plantea que en Cuba, la caña de azúcar, representó el principal producto agrícola e industrial y fuente de riquezas, es por ello que 1.5 millones de hectáreas, que representaban el 40% del área total cultivada, fueron dedicadas a estas plantaciones. Sin embargo dado el muy bajo valor del azúcar en el mercado mundial existió una estrategia durante la década pasada de reducir el área dedicada a la plantación de este cultivo para continuar la producción agroazucarera en los suelos más productivos, lo que facilita que los cultivares expresaran su mayor potencial genético productivo (Leiva Suárez, 2013).

Según (Bernal y otros, 1997) el suelo se considera un factor determinante en cuanto al logro de altos rendimientos en este cultivo. Los mejores resultados son obtenidos en los

suelos fértiles, profundos, ricos en materia orgánica y buen drenaje, a la vez, que un óptimo poder de retención de la humedad, sin embargo, debe tenerse presente que las distintas variedades presentan diferencias en cuanto a las condiciones y características de los suelos, requeridas para su mejor desarrollo y producción, cosa ésta que obliga al estudio cuidadoso de suelo y variedad) al seleccionar el terreno de plantación según Vara y Alcolea, (1979). En general, la caña de azúcar es cultivada en suelos llanos y fértiles aunque su expansión ocupó más de 200 000 ha con problemas de drenaje y diferentes grados de salinidad y fertilidad (Leiva Suárez, 2013).

(García, 2007) plantea que: El cultivo de la caña de azúcar en el mundo se desarrolla sobre una gama muy variada de condiciones edáficas debido a grandes diferencias o cambios de la cubierta vegetal de los suelos. Ha quedado demostrado que la caña de azúcar, reacciona sensiblemente con variaciones de la productividad y estado de desarrollo, bajo diferentes condiciones de suelo. Cuéllar y otros, (2002) plantearon que los factores más importantes y con influencia en el suelo son: profundidad efectiva, salinidad., compactación, pedregosidad, hidromorfia, y erosión. En el contexto de la agricultura cañera cubana, con la creación del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) en 1964 por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, los resultados más relevantes se han obtenido en el mejoramiento del rendimiento en caña, ello se ha visto reflejado en el incremento de las variedades nacionales, en la composición varietal del país, si en 1943 sólo el 2 % del área cañera nacional era ocupada por variedades cubanas, en 1979 ya se había cubierto 36 %, para a partir de 1996 ocupar más de 90 % (Leiva Suárez, 2013).

Cruz, (1995) y Ortiz, (1992) plantearon que en nuestro país se han realizado algunos estudios sobre habilidad combinatoria de diferentes caracteres en la caña de azúcar (Fonseca, Cruz, Ortiz, & Verdecia, 2004).

La introducción de nuevas variedades de caña de azúcar en la agricultura cañera cubana es un hecho que descansa sobre la existencia probada del fenómeno de interacción genotipo - ambiente que describe el comportamiento diferenciado de los genotipos bajo diferentes condiciones de clima, suelo y manejo- cosecha (González, 1994).

La búsqueda, aplicación de soluciones, y el diseño de estrategias para superar los actuales valores de producción de azúcar por unidad de superficie según las variedades de caña existentes, son las nuevas perspectivas que se traza la Fábrica de azúcar

Antonio Sánchez (Anexo 1) del municipio de Aguada de Pasajero. El estudio está dirigido a encontrar las variedades más efectivas que influyen en el rendimiento agrícola e industrial de la caña de azúcar, para así encontrar mejoras en la calidad del producto final con menos costos de producción.

Problema científico:

En la Fábrica de azúcar "Antonio Sánchez" no se dispone de una propuesta con base científica sobre las variedades más efectivas para el rendimiento industrial de la caña de azúcar.

Hipótesis

Si se realiza un estudio para conocer las variedades de caña más convenientes, al tener en cuenta su rendimiento industrial se puede aumentar la eficiencia de la fábrica de azúcar.

Objetivo General:

Elaborar una propuesta sobre las variedades de caña que permitan aumentar la eficiencia industrial en la Fábrica de azúcar "Antonio Sánchez".

Objetivos específicos:

1. Realizar un estudio bibliográfico de las variedades de caña de azúcar.
2. Estudiar el comportamiento de las variedades seleccionadas en las zafras (2011-2012) y (2012-2013) al evaluar los indicadores de eficiencia industrial en función de la estructura de variedades en la molida.
3. Proponer y aplicar modelos matemáticos para hacer estimaciones según la estructura de variedades de caña a moler.
4. Realizar la evaluación económica de la propuesta inversionista sobre las mejoras en la agricultura.

Capítulo 1.



Capítulo I: Estudio de las variedades de caña de azúcar.

1.1 La caña de azúcar.

La caña de azúcar, trasciende en la historia económica de Las Antillas y, por supuesto, de Cuba. A América la trajo Cristóbal Colón, pero desde hacía mucho tiempo, en Roma, al azúcar le llamaban la sal de la India. Cada gramo de la sustancia proporciona al organismo 4 calorías y el cerebro obtiene los mayores beneficios, pues propicia el aumento de la capacidad de concentración. Cultivada en Cuba desde los tiempos del colonialismo español, la caña de azúcar pertenece hoy a lo más autóctono de nuestra idiosincrasia. Investigaciones realizadas por científicos del país, hacen que las variedades sean más productivas y más resistentes a plagas y enfermedades (Álvarez Frías., 2013).

Según Alexander, (1973), y (Vara y Alcolea 1979): Esta planta tuvo lugar en Nueva Guinea, desde donde se produjeron sus primeras migraciones, otras áreas ubicadas en las zonas tropical y subtropical del mundo las cultivan, entre ellos, Brasil, la India, Australia y otros, (Leiva Suárez, 2013).

(García, 2004) plantea que en Cuba, el cultivo de la caña de azúcar es uno de los principales productos agrícolas e industriales y es fuente importante de las riquezas. En los momentos actuales, a pesar de la inestabilidad que en el mercado internacional ha experimentado el precio del azúcar, existe consenso en que la industria azucarera continuará con un peso importante en la economía nacional (Yulexi Mendoza - Batista, Rubisel Cruz – Sarmiento, & Martínez, 2014).

Esta planta pertenece al género "Saccharum", familia Poácea-Gramínea-, y es cultivada en nuestro país desde hace más de cuatro siglos, constituye la base de la agroindustria azucarera cubana como híbrido de las especies officinarum y spontaneum (Ignacio Santana Aguilar, Santos Ferrer, Guillén Sosa, & Sánchez Ferrer, 2012).

Según (Rossi, 2001) es una de las principales fuentes de alimentación para el hombre, además de utilizarse ampliamente sus productos derivados a partir de diferentes procesos industriales. En el mundo millones de hectáreas se dedican a estas

plantaciones, con Brasil, Pakistán, la India, y Australia como principales países productores (Héctor, Jorge, & Pérez, 2008).

Para Cuba representó el principal producto agrícola e industrial y fuente de riquezas; es por ello que 1,5 millones de hectáreas, que representaron 40 % del área total cultivable, fueron dedicadas a estas plantaciones. La agroindustria azucarera cubana, a partir del año 2002, redujo sustancialmente el número de fábricas y el área dedicada al cultivo de la caña de azúcar, no obstante, este es un rubro importante en la economía del país y actualmente el área dedicada a la agricultura cañera es de alrededor de 750 mil ha, que representan 20 % del área total del país, donde se explotan los suelos más fértiles, para que los cultivares expresen su mayor potencial genético productivo (Héctor et al., 2008).

Características botánicas.

Según Van Dillewijn, 1979 la caña de azúcar pertenece a la vasta familia Poaceae, la cual incluye más de 5000 especies. Es una planta con tallo aéreo, herbáceo, fibrosa; alcanza de dos a cinco metros de altura, de color variado y dividido en nudos y entrenudos más o menos largos según la especie y variedad El tejido esponjoso, contenido en su interior, es muy rico en jugos azucarados (Leiva Suárez, 2013).

Raíces: tienen la función de absorber las sustancias nutritivas del suelo y servir de sostén a la planta. Son fibrosas y al plantarse de estaca, se desarrollan dos clases de raíces:

- raíces transitorias: nacen del trozo plantado, se desarrollan de los puntos del anillo radicular del nudo
- raíces permanentes: brotan del rizoma (cepa), se forman desde los primeros momentos en la base del nuevo retoño (Leiva Suárez, 2013).

Tallo: es la parte más importante de esta planta constituye el fruto agrícola de la misma; en este se encuentra acumulada el azúcar, está formado por entrenudos que varían en longitud, grosor, forma y color según la variedad (Leiva Suárez, 2013).

Hojas: brotan de los nudos del tallo tienen diferentes formas, lanceoladas, lineales, largas y agudas; de color verde y cambian la tonalidad de acuerdo con la variedad y las

condiciones de desarrollo de la planta, pueden distinguirse tres partes fundamentales: vaina, lígula y limbo (Leiva Suárez, 2013).

Flores: aparecen en forma de panícula, que se desarrollan a partir del último entrenudo apical; la forma varía según la variedad. Algunas variedades son de floración tempranas y otras tardías; algunas son de floración abundante y otras no florecen (Leiva Suárez, 2013).

1.2 Variedades de caña de azúcar.

Sus inicios en Cuba.

Según (Schenck, 2004) el mejoramiento genético de las variedades comerciales que actualmente se encuentran en producción son de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y buena producción en fábrica (Alejandre Rosas, Galindo Tovar, Lee Espinosa, & Alvarado Gómez, 2010).

El uso de mejores variedades de caña de azúcar constituye uno de los más importantes factores para incrementar la productividad, y consecuentemente, la reducción de los costos del sector agro-azucarero. Desde hace muchos años enunciados similares han sido expuestos en publicaciones azucareras de todo el mundo (González Acosta & Suárez, 2016).

En Cuba este cultivo se introdujo entre 1511 y 1516 (Martín y col., 1987), y desde los albores de la industria azucarera, el interés por la plantación y cosecha de nuevas y más productivas variedades creció gradualmente, se tuvo una connotación más especial a fines del siglo XVIII (González Acosta & Suárez, 2016).

Ya para los años 1860 se conocían cinco variedades en explotación, todas pertenecientes a la especie *Saccharum officinarum*, las que fueron paulatinamente sustituidas por los nuevos híbridos resultantes de los primeros trabajos científicos de mejoramiento realizados en Java, India y Barbados (González Acosta & Suárez, 2016).

Los primeros híbridos de factura nacional comenzaron a emplearse comercialmente en 1930, y a partir de la creación del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), en 1964, la actividad de obtención y estudio de nuevas variedades comienza a jugar un papel protagónico en la agroindustria azucarera cubana (González Acosta & Suárez, 2016).

Según (Guerra, 1961; Rivacoba y Morín, 2005): Las distintas variedades de caña que hoy se cultivan en el mundo con fines comerciales son especies e híbridos del género *Saccharum*, de la familia de las Poaceas. Es un cultivo de los llamados permanentes, que se cosecha en períodos que oscilan entre 12 y 24 meses. La duración de la cepa tiene como promedio entre 5 y 10 cosechas, aunque esto varía bastante entre regiones y según las distintas prácticas agronómicas. Para la nación cubana, la caña y el azúcar forman parte integrante de la historia, la cultura y las tradiciones del pueblo. Una historia que estuvo caracterizada por la injusticia social y que alcanzó su más cruel expresión durante la etapa colonial, con la introducción de esclavos africanos para los trabajos en las plantaciones cañeras y la operación de los trapiches de azúcar (Leiva Suárez, 2013).

En los últimos años, tanto en Cuba como en los principales países productores de caña de azúcar, se han producido cambios conceptuales en la política que rige el uso y manejo de variedades. Se ha transitado del cultivo monovarietal o de pocas variedades, al empleo de grupos más numerosos de cultivares con distribución más o menos equilibrada. Por otra parte, el ciclo de explotación comercial de las variedades se ha acortado, o lo que es lo mismo, se ha visto acelerado el proceso de sustitución de las viejas variedades con vistas a alcanzar incrementos de azúcar por área. La dinámica varietal es mayor, lo que exige un elevado nivel tecnológico para mantener la competitividad de la producción azucarera (González Acosta & Suárez, 2016).

Según (González, 2006) El uso de mejores variedades de caña de azúcar constituye uno de los más importantes factores para incrementar la productividad, y consecuentemente, la reducción de los costos del sector agroazucarero. Desde hace muchos años enunciados similares han sido expuestos en publicaciones azucareras de todo el mundo.

Para realizar un adecuado manejo de las variedades hay que tener en cuenta: el desarrollo de cada una de ellas en los diferentes ambientes, en cuanto a las diferencias que se observen, en cuanto a la expresión de un carácter cuantitativo cualquiera como el rendimiento y como varían en función del ambiente (García, 2006).

(Hutchinson & Daniels, 1971) proponen un método para registrar información sobre selección de variedades de cañas mediante el proceso de computarización para mejor manejo de la información.

Descripción de las estructuras de variedades en la zafra.

Variedad, área cubierta, área molida en zafra, rendimiento potencial cañero. UM. Hectáreas y caballerías.

La siguiente tabla 1.1 muestra los valores de cada variedad del Central azucarero Antonio Sánchez en cuanto a su área cubierta, área molida en zafra, rendimiento agrícola y producción.

Tabla 1.1: Estimado del comportamiento agrícola de las estructuras estudiadas. Fuente:

(Fábrica de azúcar Antonio Sánchez).

No.	Variedades.	Área Cubierta 2016 (ha).	Área molida en zafra 2016 (ha).	Rendimiento Agrícola (t/ha).	Producción (t)
1	C.1051-73	140,51	102,69	45,11	6338,18
2	C.227-59	34,06	34,06	28,3	963,74
3	C. 266-70	10,27		25,7	263,94
4	C.323-68	1225,15	981,2	41,27	50563,82
5	C.85-102	1125,14	564,29	45,87	51609,67
6	C.86-12	1962,97	1438,58	50,73	99583,25
7	C.86-156	46,19	46,19	33,31	1538,48
8	C.86-456	123,54	123,54	41,63	5142,59
9	C.86-56	3123,91	2579,64	41,92	130949,3
10	C.87-252	12,15	12,15	31,9	387,63
11	C.87-51	268,1	252,26	59,42	15930,28
12	C.88-380	25,39	25,39	33,22	843,51
13	C.89-147	626,38	500,13	33,86	21211,38
14	C.89-148	15,17	15,17	27,85	422,45
15	C.90-469	115,03	40,96	40,72	4684,17
16	C.90-501	12	12	28,8	345,6
17	CO.997	45,49	38,31	37,03	1684,32
18	CP.5243	244,76	171,02	33,96	8312,98
19	MY.55-14	258,74	187,42	30,26	7830,75
	Total	9414,95	7125	43,4	408606,06

1.3 Manejo de variedades de caña de azúcar.

La evaluación de principios y factores de importancia para el manejo de variedades en diferentes agrosistemas cañeros, ha permitido llevar a cabo un uso más eficiente de los recursos naturales disponibles, entre ellos, la explotación de variedades en dependencia de su respuesta a regiones y ambientes específicos, esto aprovecha eficientemente las peculiaridades climatológicas del entorno, y la más acertada explotación de los suelos destinados al cultivo (González Acosta & Suárez, 2016).

El empleo de nuevas variedades es la tecnología más económica que dispone el cañero a fin de mejorar su productividad; ésta no solo permite un incremento en el rendimiento cultural y fabril, sino que favorece la reducción de costos al disminuir los gastos. La selección de la variedad debe ser realizada cuidadosamente, ya que es una decisión que puede comprometer al cañaveral en toda su vida económica. Las variedades de caña de azúcar, se logra ubicándolas en los ambientes donde mayor respuesta productiva puedan ofrecer, se tiene en cuenta su comportamiento en las diferentes condiciones de suelo, los requerimientos hídricos, la respuesta a los factores limitantes, la época óptima de siembra y cosecha en su período de máxima maduración (González, 2006).

Según (Jorge, et al 2006): Un manejo eficiente de las variedades ratifica la explotación comercial de 5 a 6 variedades líderes, estas ocuparán del 70 al 80 % del área total, existencia de 10 a 15 variedades recomendadas, de ellas aproximadamente la mitad nuevas con menos de 5 a 6 años de recomendadas, aprobadas como comerciales y el reemplazo seguro en forma sistemática (González, 2006).

En la producción azucarera cubana se cuenta con variedades que es necesario enmarcar en un período definido de zafra, pero otras pueden ser manejadas para las tres épocas, por tanto es perfectamente posible buscar un adecuado balance que cubra todo el período de cosecha (Reyes Sánchez, 2015).

La transformación varietal constituye una necesidad, comprendida hoy día por la mayor parte de los productores cañeros, donde el objetivo de incrementar los índices de eficiencia cobra cada vez más importancia (Reyes Sánchez, 2015).

(Castro, 2004 y China, 1991), señalaron la necesidad urgente del empleo de nuevas variedades con mayor potencial agroproductivo y azucarero, así como un alto grado de adaptabilidad a las condiciones del medio. Según los propios autores esto puede

lograrse mediante la introducción de variedades extranjeras o al ejecutar un programa de mejoramiento genético para aumentar la variabilidad (Torres Santos, 2013).

Por lo que Heinz y Osgood, 1994 plantean que es necesario desarrollar nuevas variedades con alto rendimiento y con las ventajas necesarias para reemplazar a las variedades en cultivo (Alejandre Rosas et al., 2010).

Según (Chavanne, 2007): Las variedades de caña de azúcar están sujetas al deterioro que obliga su renovación y reemplazo irreversible por nuevos individuos de mejor adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas y con requisitos agro industriales y fitosanitarios superiores a los existentes. No existen dudas acerca de que el aumento o disminución de los rendimientos en las áreas cañeras se encuentra estrechamente relacionado con el éxito o el fracaso de las variedades predominantes. (Leiva Suárez, 2013).

(García, 2006), plantea que la explotación correcta de las variedades y un manejo sostenible, está relacionado con el conocimiento de las condiciones de Cuba; lo primero que debe conocerse, es que la zafra en nuestro país por el clima y las capacidades industriales, se puede enmarcar entre los meses de noviembre y abril, donde el rendimiento industrial describe aproximadamente una parábola. Esta se puede dividir en tres períodos:

- 1) De Noviembre a Enero donde no se muestran altos rendimientos, ya que pocas variedades alcanzan la madurez.
- 2) Febrero a Marzo, que se eleva la curva con un máximo en marzo, aquí generalmente todas las variedades expresan su máximo potencial
- 3) Desde finales de Marzo hasta Abril donde nuevamente comienza a decrecer (Jorge H & Ibis, 2006).

Según (Larrahondo, 1995). El procesamiento de la caña de azúcar para la obtención de la sacarosa empieza realmente en el campo. La variedad de caña, el suelo en el cual se cultiva, las prácticas de manejo que incluyen las dosis y épocas de aplicación de los fertilizantes, y el grado de madurez, determinan la calidad del material producido (Larrahondo, 2011).

La calidad se reconoce en el momento de la molienda por la cantidad de azúcar recuperable o rendimiento que se obtiene por tonelada de caña molida, lo cual depende de características como: (1) alto contenido de sacarosa, (2) bajo contenido de materiales extraños, (3) bajo contenido de sólidos solubles diferentes de la sacarosa, y (4) bajos niveles de fibra (Directorio Historia de Cuba, 2016)(Camargo, 1977).

Características como tallos erectos, maduración y longitudes uniformes y facilidad para el corte permiten la obtención de material poco contaminado y de buena calidad para los molinos (Jorge, 2003).

Según Bernal *et al.*, (1997): La mayoría de las variedades en explotación aportan bajos rendimientos, dado esto, entre otros factores, por no adaptarse a las condiciones de la zona de estudio, así como no aplicarse una adecuada política de sustitución de variedades, todo lo cual encarece significativamente la producción. Tal y como es reconocido por muchos cosecheros, el factor varietal es uno de los que más inciden en la producción de caña y azúcar, de ahí su importancia. Ha sido ampliamente aceptado, que dicho factor es responsable, de al menos el 50 % de los incrementos del rendimiento agrícola y azucarero de esta planta (Leiva Suárez, 2013).

Jorge Ibis, (2003) y García, (2006): Plantean que la selección de aquellas variedades azucareras que produzcan la mayor cantidad de azúcar por unidad de área es un objetivo de trabajo prioritario para muchos países productores de azúcar, empeñados en lograr mayores beneficios económicos en la explotación del cultivo (Leiva Suárez, 2013).

Según González *et al.*, (2001) a lo anterior se une el hecho de que dentro del mejoramiento genético de la caña de azúcar se ha trabajado también en la obtención de variedades de alto contenido azucarero lo que a su vez tiende al incremento de la rentabilidad, productividad y sostenibilidad de la industria azucarera, toda vez que la reducción del área agrícola presupone contar con variedades de alto contenido azucarero (Leiva Suárez, 2013).

(González, 2005) plantea que el empleo comercial de nuevas variedades bien manejadas, ofrecen la posibilidad de obtener éxitos económicos en este sentido. Pues se requiere contar con variedades de elevado rendimiento durante diferentes épocas del año y adaptadas a las condiciones agroecológicas de cada zona, para elevar los niveles de producción (González, 2006).

1.4 Características agronómicas, aspectos morfológicos y rendimiento potencial azucarero.

En las siguientes tablas se expresan los resultados de los parámetros evaluados en el rendimiento agrícola:

Rendimiento industrial de las variedades más destacadas en las producciones azucareras en el período de 2011-2012 y 2012-2013:

Variedad C86-12

Características morfológicas

Tallo de color amarillento con visos morados entrenudos de forma cilíndrica, 3.2 cm de diámetro y 312 cm de altura, buena calidad interna. Yema Obovada.

Comportamiento agro-productivo:

Buena brotación, habito de crecimiento erecto a ligeramente, cierre temprano del campo, regular despaje, floración de hasta 8% buen retoñamiento con una población de 12-14 tallos por metro lineal, 11.4% de contenido de fibras en sus tallos. Presenta alto rendimiento agrícola y buen contenido azucarero, así como 55.3% de digestibilidad de la materia seca, por lo que es factible para la alimentación del ganado vacuno. Variedad tolerante al estrés ambiental (Sequia y mal drenaje). Se recomienda para suelos pardos con y sin carbonato. Ferralítico y Oscuro plástico. Alta para la mecanización.

Tabla 1.2: Ciclo de plantación y cosecha. Fuente: (Central Antonio Sánchez).

Plantación	Cosecha	Edad Meses
Mayo-Junio	Diciembre-Enero	18-20
Julio-Septiembre	Febrero –Marzo	16-18

Comportamiento fito-sanitario:

Genotipo resistente a VMCA (Virus del mosaico de la caña de azúcar). Intermedio a carbón (*Sporisoriumscitamineum* (SID.)

M. Piepenbr., M. Stoll & Oberw.) Y a Scaldadura foliar (*Xanthomonasalbilineans* (Ashby) Dowson). Así como intermedio a roya (*Pucciniamelanocephala* H. and P Sydow) en foco de infección.

Variedad C 323-68

Características morfológicas:

Tallo de color amarillento con visos morados entrenudos de forma cilíndrica, diámetro de 2.6 cm de diámetro y 321 cm de altura, buena calidad interna del tallo. Yema ovalada.

Comportamiento agro-productivo:

Buena brotación, habito de crecimiento erecto, cierre de campo, regular despaje, florece más de 30 %, buen retoñamiento, con una población de 15-16 tallos por metro lineal, 12.5 - 13.5 % de contenido de fibra en sus tallos. Presenta alto rendimiento agrícola y elevado contenido azucarero. Variedad tolerante a la sequía. Se recomienda para suelo Ferralítico rojo, Pardo con y sin carbonato y oscuro. Apta para la mecanización.

Tabla 1.3: Ciclo de plantación y cosecha. Fuente: (Central Antonio Sánchez).

Plantación	Cosecha	Edades (Meses)
Enero-Abril	Febrero -Abril	13-15
Julio-Septiembre	Febrero -Marzo	16-18

Comportamiento fito-sanitario:

Genotipo resistente a VMCA (Virus del mosaico de la caña de azúcar). Intermedio a carbón (*Sporisoriumscitamineum* (SID.) M. Piepenbr., M. Stoll&Oberw.), susceptible a Scaldadura foliar (*Xanthomonasalbilineans* (Ashby) Dowson). Así como susceptible a roya (*Pucciniamelanocephala* H. and P Sydow) en foco de infección.

Variedad CP52-43

Características morfológicas:

Tallo de color amarillento con matices rosados, entrenudos de forma de zig-zag con 11.0 cm de longitud, 3.1 cm de diámetro y 280 cm de altura. Yema

Comportamiento agro-productivo:

Buena brotación, habito de crecimiento erecto, cierre de campo tardío, de regular despaje, florece más de 30%, buen retoñamiento con una población de 15-16 tallos por metro lineal, 12.5-13.5% de contenido de fibra en sus tallos. Presenta alto rendimiento

agrícola y elevado contenido azucarero. Variedad tolerante a la sequía. Se recomienda para suelos Ferralítico rojo, Pardo con o sin carbonato. Apta para la mecanización.

Tabla 1.4: Ciclo de plantación y cosecha. Fuente: (Central Antonio Sánchez).

Plantación	Cosecha	Edades (Meses)
Agosto-Septiembre	Noviembre-Enero	15-17

Comportamiento fito-sanitario:

Genotipo resistente a VMCA (Virus del mosaico de la caña de azúcar). Intermedio a carbón (*Sporisoriumscitamineum* (SID.) M. Piepenbr., M. Stoll&Oberw.), susceptible a Scaldadura foliar (*Xanthomonasalbilineans* (Ashby) Dowson). Así como susceptible a roya (*Pucciniamelanocephala* H. and P Sydow) en foco de infección.

Variedad C85-102

Características morfológicas:

Tallo de color verde con visos morados amarillento, entrenudo de forma ligeramente cónico, diámetro 2.8 cm, altura 300 cm. Yema ovada y algo abultada.

Comportamiento agro-productivo:

Buena brotación, habito de crecimiento erecto, cierre temprano del campo, despaje de regular a malo, floración escasa o nula, buen retoñamiento con una población de 8-10 tallos por metro lineal, 13-14% de contenido de fibras en sus tallos. Presenta alto rendimiento agrícola y buen contenido azucarero. Variedad tolerante a la sequía. Se recomienda para suelos Ferralíticos rojos, Pardos con y sin carbonato y aluvial diferenciado. Apta para la mecanización.

Tabla 1.5: Ciclo de plantación y cosecha. Fuente: (Central Antonio Sánchez).

Plantación	Cosecha	Edades (Meses)
Mayo-Junio	Diciembre-Enero	17-19

Julio-Septiembre	Febrero-Marzo	16-18
-------------------------	----------------------	--------------

Comportamiento fito-sanitario:

Genotipo resistente a VMCA (Virus del mosaico de la caña de azúcar). Intermedio a carbón (*Sporisoriumscitamineum* (SID.) M. Piepenbr., M. Stoll&Oberw.), susceptible a Scaldadura foliar (*Xanthomonasalbilineans* (Ashby) Dowson). Así como susceptible a roya (*Pucciniamelanocephala* H. and P Sydow) en foco de infección.

Variedad C 86-56

Características morfológicas:

Tallo de color verde amarillento con visos morados amarillento, entrenudo de forma zigzagueante, de 142 cm de longitud, con 362 cm de altura y 2.29 cm de diámetro, buena calidad interna. Yema oval, separada de la cicatriz foliar, pero cubre el anillo de crecimiento.

Comportamiento agro-productivo:

Buena brotación, habito de crecimiento ligeramente abierto, cierre temprano del campo, regular despaje, buen retoñamiento, con una población de 12 tallos por metro lineal, posee 13% de contenido de fibra en sus tallos,. Presenta buen rendimiento agrícola y aceptable contenido azucarero. Es una variedad de alta rusticidad, tolerante a la sequía. Se recomienda para suelos Ferralítico rojo y amarillento de las provincias de la habana, matanzas, Cienfuegos y Ciego de Ávila, ha mostrado buen comportamiento en otras regiones del país. Apta para la mecanización.

Tabla 1.6: Ciclo de plantación y cosecha. Fuente: (Central Antonio Sánchez).

Plantación	Cosecha	Edades (Meses)
Agosto-Septiembre	Noviembre-Enero	16-18

Comportamiento fito-sanitario:

Genotipo resistente a VMCA (Virus del mosaico de la caña de azúcar). Intermedio a carbón (*Sporisoriumscitamineum* (SID.) M. Piepenbr., M. Stoll&Oberw.), susceptible

a Scaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson). Así como susceptible a roya (*Puccinia melanocephala* H. and P Sydow) en foco de infección.

Variedad C86-156

Características Morfológicas:

Tallo de color verde con visos morados, en forma de zig-zag, con una longitud de 250 cm, 2.68 cm de diámetro y buena calidad interna del tallo.

Entrenudo de forma conoidal, de 13.4 cm de longitud, sin rajaduras de crecimiento, rayitas de corcho, canal de la yema y marcas de temperatura, banda cerosa distribuida por todo el entrenudo. Nudo obconoidal y anillo de crecimiento recto frente a la yema.

Yema obovada, separada de la cicatriz foliar, pero toca el anillo de crecimiento.

Follaje de color verde, limbo con 152 cm de longitud, 4.7 cm de ancho, dewlap triangular, aurículas lanceoladas, lígulas asimétricas horizontales. Vainas verdes con visos morados, 28.4 cm de longitud, 8.5 cm de ancho. Presenta 7 hojas activas y pocas espinas.

Comportamiento Agro-productivo:

Buena brotación, hábito de crecimiento ligeramente abierto, cierre temprano del campo, con regular despaje, no florece, buen retoñamiento, con una población de 13 tallos por metro lineal, 13.5 % de contenido de fibra en sus tallos. Presenta alto rendimiento agrícola y alto contenido azucarero. Se recomienda para los suelos Ferralíticos rojos, Pardos con y sin carbonatos de la provincia de Cienfuegos. Apta para la mecanización.

Tabla 1.7: Ciclo de plantación y cosecha. Fuente: (Central Antonio Sánchez).

Plantación	Cosecha	Edades (Meses)
Mayo-Junio	Diciembre-Enero	18-20
Julio-Octubre	Febrero-Marzo	16-18

Comportamiento fito-sanitario:

En las pruebas estatales realizadas mediante inoculación artificial resultó resistente a VMCA (virus del mosaico de la caña de azúcar) y a carbón (*Ustilagoscitaminea* Sydow)

y moderadamente resistente a roya (*Pucciniamelanocephala* H. and P. Sydow) en fondo de infección.

Variedad C 86-456

Características morfológicas:

Tallo de color verde amarillento, entrenudo de forma tumescente, 2.7 cm de diámetro y 296 cm de altura, calidad interna regular, presenta meollo en el tercio superior. Yema ovoide.

Comportamiento agro-productivo:

Regular brotación, habito de crecimiento ligeramente abierto, cierre medio del campo, regular, despaje, floración de entre 20 y 25 %, buen retoñamiento, con una población de 18 tallos por metro lineal, 13% de contenido de fibra en sus tallos, . Presenta alto rendimiento agrícola y aceptable contenido azucarero. Variedad tolerante al más drenaje. Se recomienda para suelos Oscuros plásticos. Apta para la mecanización.

Tabla 1.8: Ciclo de plantación y cosecha. Fuente: (Central Antonio Sánchez).

Plantación	Cosecha	Edades (Meses)
Agosto-Septiembre	Enero-Febrero	16-18

Comportamiento fito-sanitario:

Genotipo resistente a VMCA (Virus del mosaico de la caña de azúcar). Intermedio a carbón (*Sporisoriumscitamineum* (SID.) M. Piepenbr., M. Stoll&Oberw.), susceptible a Scaldadura foliar (*Xanthomonasalbilineans* (Ashby) Dowson). Así como susceptible a roya (*Pucciniamelanocephala* H. and P Sydow) en foco de infección.

En esta descripción de variedades de caña de azúcar, generalmente se han tenido en cuenta diferentes aspectos como son: características morfológicas, comportamiento agro-productivo, ciclos de plantación y cosecha, comportamiento fito-sanitario.

Según (Ramírez J. L., et al. 2002) la caracterización de genotipos de caña de azúcar de acuerdo a patrones morfológicos, es de mucha importancia para efectos de conservación, evaluación, documentación y realización de intercambios de material vegetal, a nivel de productores, es indispensable conocer el comportamiento

agronómico y productivo de cada variedad en diferentes ambientes. Esto con el fin de observar su comportamiento y así utilizarlas al momento de reemplazar aquellas variedades que muestran bajos rendimientos en presencia de plagas o enfermedades (Ramírez J, 2002).

1.5 Condiciones agroclimáticas que influyen en el desarrollo de la caña de azúcar.

La demostración de los efectos de la especificidad ambiental en la expresión de los caracteres de importancia económica, ha sido una de las causas de los cambios ocurridos en las políticas varietales y estrategias de mejoramiento de muchos cultivos y especialmente la caña de azúcar (García, 2004). Las variedades de caña de azúcar en el país y en el mundo azucarero, están sujetas al deterioro, que obligan a su renovación y reemplazo irreversible, por nuevos cultivares de mejor adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas y con requisitos agroindustriales y fitosanitarios superiores (Ibarra Rodríguez, Cruz Mendoza, Serrano Gutiérrez, Hernández – Pérez, & Cruz Sarmiento, 2015).

(Solano, Vázquez, 2002) y (Lapinel, 2010) plantean que en Cuba, los eventos de sequía moderados y severos se duplicaron en el período de 1961 -1990, respecto al período anterior 1931 – 1960. Las afectaciones ocurridas en los veranos de 1993, 1994, 1998 y 2000 fueron muy notables. Asimismo, el evento acaecido desde mayo del 2003 a mayo del 2005, ha sido el más significativo conocido hasta ahora, con el cual ha tenido un gravísimo impacto en amplios sectores de la sociedad, la economía y el medio ambiente (Mendoza Batista & Cruz Sarmiento, 2014).

“Las condiciones climáticas, como temperaturas bajas, son muy importantes porque si no las plantas no echan flores. Para ello contamos con zonas de montaña en nuestro país, donde la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas es pequeña”.(Álvarez Frías., 2013).

Los escenarios de cambios climáticos desarrollados dentro de la evaluación del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación en Cuba, indican que las magnitudes de la temperatura media anual del aire pudieran incrementarse paulatinamente hasta alcanzar magnitudes entre 1,6 grados centígrados y 2,5 grados centígrados para el año 2100. A pesar de esto se estima que el incremento de la temperatura sea tan notable, que

aún donde se proyecten incrementos de las precipitaciones, podría ocurrir una intensificación y expansión de los procesos de acidez y sequía. En concordancia con los escenarios climáticos adoptados, los impactos sobre los sectores seleccionados podrían ser notables, entre ellos la agricultura (CITMA, 2002).

(Saborit, 2003) plantea que el elemento climático más variable es la lluvia, con un acumulado medio anual de 1375 mm. En el período lluvioso se registra aproximadamente el 80% del total de lluvia anual y el otro, el 20% restantes. La infraestructura hidráulica solo permite utilizar el 57% de los recursos aprovechables solamente. Lo anterior significa que es imprescindible para el porvenir, el desarrollo de una acertada política de uso y aprovechamiento de los recursos hidráulicos, de manera tal que los mismos satisfagan las necesidades del desarrollo nacional en concordancia con los principios de sostenibilidad y de la preservación de la calidad de vida y medio ambiente. Entre las perspectivas: se necesita crear sistemas de alerta temprana de eventos naturales extremos como las sequías y las inundaciones, así como los software y modelos necesarios que permitan prepararse ante lluvias extremas provenientes de ciclones y huracanes, perfeccionar los sistemas de tratamientos de aguas residuales de diferentes tipos que contaminan las aguas interiores y la zonas costeras (Reyes Sánchez, 2015).

1.6 Parámetros industriales a tener en cuenta para la elección de las variedades de cañas más efectivas.

Los parámetros industriales más importantes son: azúcar producida, rendimiento, miel final y bagazo (H Jorge, Ibis, & Bernal, 2010).

1. Azúcar producida.
2. Rendimiento.
3. Miel final.
4. Bagazo.

1. El azúcar de caña es la **azúcar producida** a partir de la caña de azúcar. El proceso de fabricación de azúcar refinado de alta pureza de la caña de azúcar utiliza procesos físico-químicos naturales para quitar las impurezas.

El proceso de fabricación consta de los siguientes procesos:

1. Entrada o transporte de la caña de azúcar
2. Molienda
3. Clarificación
4. Evaporación
5. Cristalización
6. Separación o centrifugación
7. Refinado
8. Secado
9. Envasado

2. **Rendimiento.** Es la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide usualmente en toneladas métricas por hectárea (t/ha.). Los dos componentes básicos que van a estructurarlos en este caso son:

- Cantidad de caña molida.
- Producción de azúcar

El mismo se expresa en %.

El rendimiento de la producción nacional de caña de azúcar se ubica, en promedio para el período 2004/09, en 50,8 ton/ha. El menor rendimiento se registró en el año 2006 con 43 (ton/ha) y el mayor en el año 2008 con 62 (ton/ha) (Fretes & Martínez, 2011).

3. Actualmente, en nuestro país, la palabra “miel” ha dejado de ser un término “específico”, referido solamente a la miel C, y ha pasado a ser un término “genérico” que comprende tanto la miel C como las mieles intermedias, A y B (Pérez, 1984).

La **miel final** o melaza suelen ser definidas como los residuos de cristalización final del azúcar, de los cuales no se puede obtener más azúcar por métodos físicos. La norma INCONTEC 587 de 1994 define como la miel final (no cristalizable) al jarabe o líquido denso y viscoso, separado de la misma masa cocida final y de la cual nos es posible cristalizar más azúcar por métodos inusuales.

4. El **Bagazo** de caña se produce como consecuencia de la fabricación de azúcar y constituye un subproducto de esta producción. Combustible natural para producir vapor

en las fábricas azucareras y un material fibroso, heterogéneo en cuanto a su composición granulométrica y estructural, que presenta relativamente baja densidad y un alto contenido de humedad, en las condiciones en que se obtiene del proceso de molienda de la caña.

Fundamentalmente constituye la parte fibrosa de esta planta. Al salir el bagazo del molino posee aproximadamente la siguiente composición:

- Humedad (50%)
- Sólidos solubles (5%)
- Sólidos insolubles o fibra cruda (45%)

1.7 Procedimiento utilizado para procesar las zafras en estudio.

El procedimiento estadístico aplicado para el estudio mediante el STATGRAPHICS se realiza de la siguiente manera:

1. Crear la base de datos en libro Excel.

En las columnas: La fecha, las variedades y las variables de eficiencia industrial.

En las filas: los días de zafra y los datos correspondientes

2. Importar al STATGRAFICS 5.0 los datos según las variables a estudiar.
3. Realizar los métodos estadísticos.
4. Análisis de los modelos con resultados estadísticos significativos.

Capítulo 2.



Capítulo II: El efecto de las estructuras de variedades de caña sobre el rendimiento industrial de la UEB Antonio Sánchez.

2.1 Caracterización de la UEB Fábrica Azucarera “Antonio Sánchez”.

La “Fábrica Azucarera Diversificada Antonio Sánchez” del municipio de Aguada de Pasajeros, provincia Cienfuegos se encuentra ubicada en la cuenca hidrográfica Hanabana sobre una llanura cálcica en el extremo suroeste de la provincia, limitada por el sur con el municipio Ciénaga de Zapata y La Empresa Cultivos Varios Horquitas, al este con la Granja Pecuaria Yaguaramas, al norte la Empresa Agropecuaria 1ro de Mayo y Empresa Pecuaria Aguada de Pasajeros y al oeste con el municipio Calimete de la provincia de Matanzas. La fábrica tiene una capacidad de molida de **3680 t/d** (320 000 @/d) y un área total geográfica de 23901 hectáreas, de ellas agrícola 20451.2 hectáreas, **10500ha** son dedicadas a caña, 7163.2ha dedicadas a la ganadería, 692.6ha cultivos varios, 1933.7ha frutales y forestales, 161.7ha caña de otros usos (alimento animal y guarapo) (Freide Orozco, 2015).

Se caracteriza por terrenos llanos y cenagosos, en los cuales predominaba la palma cana y árboles de madera preciosa, el lugar fue escogido debido a la cantidad de monte vírgenes tanto en la Ciénaga como de la montaña rocosa que se extiende hasta el mar; así como la existencia de un manto de agua potable de varios Km de radio, lo que es imprescindible a la industria azucarera, que utiliza grandes cantidades de agua en su proceso (Freide Orozco, 2015).

En este trabajo se realizó el estudio mediante métodos estadísticos para encontrar que variedades han mostrado mayor rendimiento en la producción de azúcar, por lo que lo más importante para lograr el rendimiento industrial e incrementar la calidad del producto final, es escoger las variedades a moler mediante una herramienta matemática que arroje resultados ya sean positivos o negativos mediante modelos matemáticos que den con exactitud las variedades más efectivas que garanticen y eleven este rendimiento (Freide Orozco, 2015).

2.3 Descripción literal del Organigrama de la Fábrica de azúcar.

A tenor del proceso de reordenamiento en las empresas del extinguido ministerio del azúcar, la fábrica Antonio Sánchez del municipio aguada de pasajeros está conformada estructuralmente por el siguiente organigrama constituido por:

ORGANIGRAMA UEB CENTRAL AZUCARERO ANTONIO SANCHEZ.

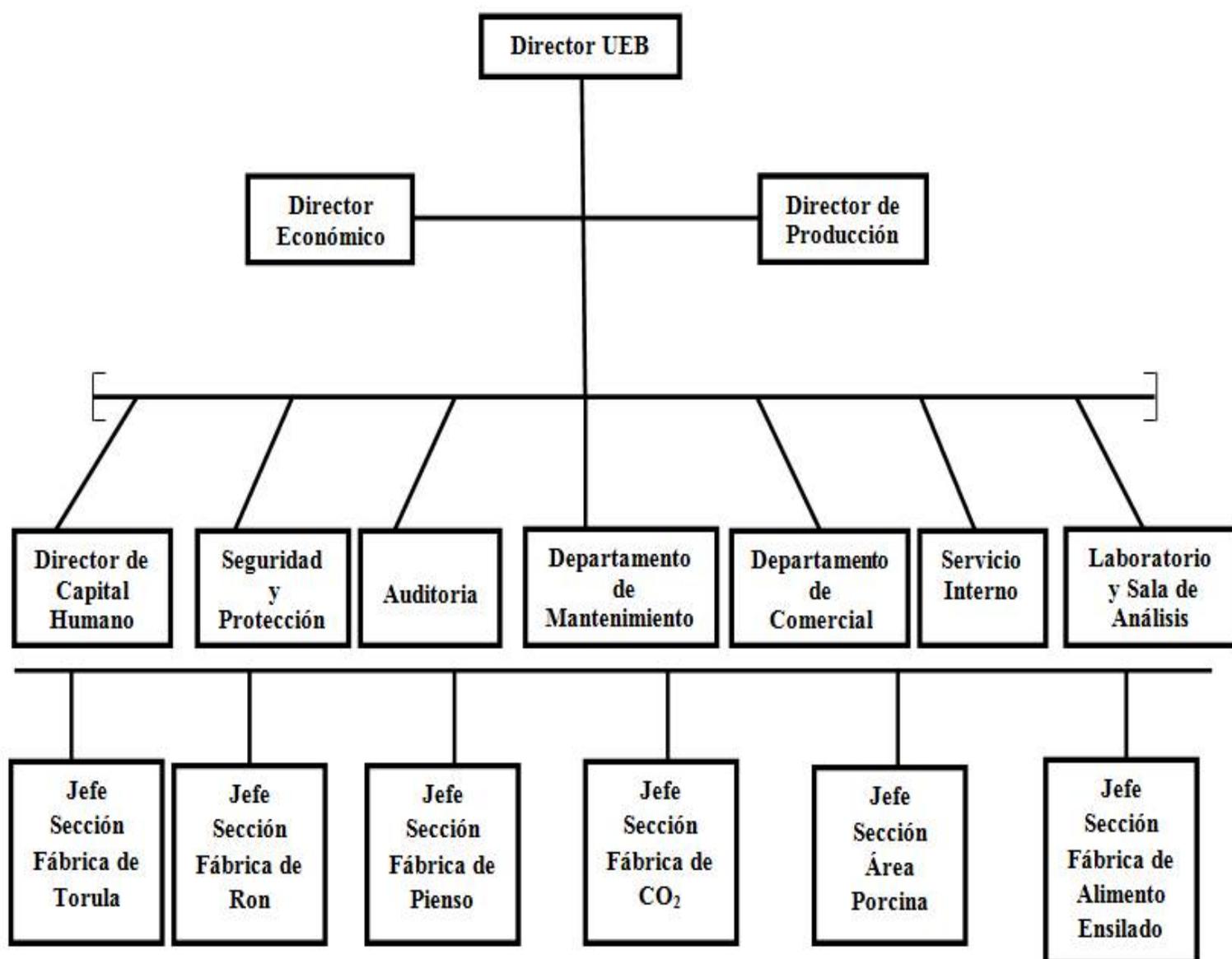


Figura 2.1 Organigrama del central Antonio Sánchez. Fuente: (Fábrica de azúcar Antonio Sánchez).

2.4 Descripción literal del proceso del azúcar.

La función principal de esta empresa azucarera es la obtención de azúcar crudo a partir de la caña de azúcar.

La fabricación del azúcar crudo comienza en la preparación de la caña para la molienda, la caña es llevada a un centro de limpieza y después es transportada en carros de ferrocarril hasta un basculador donde se descarga por uno de sus costados y cae por gravedad a una fosa o embudo. En la actualidad un alto % de caña se recibe por tiro directo de los camiones en el basculador. En este lugar es elevada por un conductor de esteras transportadoras de caña hasta los rompe bultos, los que comienzan a conformar el colchón de caña, luego pasa a los gallegos o niveladores, facilitándole el trabajo a las cuchillas, equipo encargado de fragmentar la caña y obtener valores de hasta un 90 % de índice de preparación lo que hace económicamente eficiente el consumo de los 800 Kw que se demanda en esta importante etapa y que permite en definitivas obtener una extracción de jugo en la primera unidad de molida hasta valores próximos al 60 % de la extracción. Este proceso tiene como objetivo fundamental romper la corteza exterior y llegar hasta las celdas donde se encuentran contenida la sacarosa para facilitar su extracción, seguidamente pasan a los molinos.

Esta fábrica cuenta con cinco molinos tipo Fulton con virgen inclinada. En esta etapa se obtiene el bagazo que es utilizado en las calderas para generar vapor, este representa aproximadamente el 25% del peso de la caña molida, y el jugo mezclado para la producción de azúcar crudo. La extracción del jugo mezclado oscila en el rango de 90-100% en dependencia del flujo de agua de imbibición y de la fibra de la caña. El vapor de las calderas es aprovechado para producir energía eléctrica a través de los turbogeneradores. Estos turbogeneradores producen además el vapor de escape (18 lb/pul²) que es utilizado en el proceso por los calentadores 1 y 4, así como los dos pre- evaporadores encargados de generar todo el vapor necesario en las áreas de evaporación, concentración y cristalización que están posteriores.

El jugo proveniente de los molinos pasa a la etapa de alcalización (Tanque calero), proceso en el cual se alcaliza el guarapo por medio de la adición de lechada de cal diluida con una densidad de 2-4°Be en una proporción que va desde 500-650 g de óxido de calcio por toneladas de caña molida. Este proceso de alcalización se realiza en frío, antes de que el jugo sobrepase las etapas de calentamiento.

Posteriormente el jugo es calentado de 102-106°C en los calentadores para lograr una mejor mezcla en el tanque flash, y facilitar la formación del lodo en el clarificador; el tanque Flash está dotado de deflectores con el objetivo de lograr una mezcla homogénea entre el jugo y la cal, iniciándose así la reacción de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ precipitado que representa los núcleos de sedimentación en el clarificador. La alcalización debe garantizar una estabilidad rigurosa del pH del jugo en un rango de variación máximo de 0.4 unidades entre los valores de 6.5-7.1.

La aplicación del medio alcalizante debería realizarse en condiciones que favorezcan un mezclado con el jugo lo más perfecto y vigoroso posible, para evitar zonas locales de diferentes pH que inciden negativamente en la calidad de la alcalización. En toda esta etapa de alcalización ocurren transformaciones químicas. El jugo alcalizado pasa por gravedad a un clarificador donde se forman los flóculos de fosfato tricálcico, que son los encargados de arrastrar las impurezas hacia el fondo y formar la cachaza, esto impide que se disuelvan en las condiciones físicas que trabaja el equipo.

Los lodos del clarificador son llevados a un mezclador donde se le adiciona el bagacillo como medio filtrante en proporción suficiente como para formar una torta con buenas propiedades físico-mecánicas. El contenido de bagacillo en la mezcla debe estar en el orden de 6-8 kg/ton de caña, lo que representa de un 10-15 % en peso de la torta, estos lodos se caracterizan por tener un pH en el intervalo de 6-6.7. El jugo clarificado que proviene del clarificador con un pH de 6.7-7.1 pasa por el filtro de jugo claro, con el objetivo de eliminar el posible bagacillo en suspensión. Pasa por un calentador que rectifica su temperatura hasta 105-108 °C y de este se dirige a los pre-evaporadores donde ocurre una evaporación primaria a simple efecto. Estos operan a presiones relativamente altas (18 lb /pul²). Después continúa a los evaporadores a múltiple efecto donde ocurre una evaporación secundaria, consumen vapor de escape hasta (15 lb/pul²). En este proceso se elimina la mayor cantidad de agua posible.

La cristalización y concentración se realiza en tachos. La meladura proveniente de los evaporadores llega a los tachos, donde se concentra hasta el punto en que aparecen los cristales de azúcar. Estos cristales de azúcar se alimentan con meladura hasta alcanzar el tamaño adecuado para purgar la templa, de esta purga se obtiene el primer azúcar comercial y miel A, esta se utiliza para fabricar la templa de segunda y luego se purga y se obtiene azúcar de segunda y miel B, esta miel B se utiliza para elaborar la templa de tercera de las cuales se obtienen azúcar de tercera (semilla) que se utiliza como base

para la fabricación del azúcar comercial y miel de purga que se emplea para producción de derivados y alimentos de animales. Las masas cocidas "A" y "B", son descargadas en los cristalizadores de primera y segunda y la masa cocida "C", en los cristalizadores de tercera, los cuales, una vez enfriada la masa contenida se descarga en las centrífugas, las que tienen la función de separar la miel de los cristales de azúcar. En esta etapa se obtiene el azúcar de primera y de segunda, se conforma el azúcar comercial; el azúcar de tercera se utiliza en la preparación de la semilla y la miel final que sale de la fábrica.

El azúcar comercial sale de la centrífuga por un conductor de banda de goma de 40 pulgadas hacia un embudo (La tolva), lugar debidamente preparado donde se envasa a granel en tolvas de ferrocarril para su posterior almacenamiento (AZCUBA, 2010).

Para lograr un desarrollo adecuado en cada una de las etapas del proceso son necesarios sistemas auxiliares que complementen las necesidades del proceso como: tratamiento de agua para calderas, generación de vapor, electricidad y preparación de la lechada de cal, las cuales se abordan a continuación:

Tratamiento de Agua para calderas: Esta fábrica cuenta con una planta de tratamiento de agua, la cual procede de un pozo que se encuentra ubicado cerca de la planta, el agua cruda es bombeada a un clarificador donde se le adiciona sulfato de alúmina y así eliminar dureza aunque no se elimina completamente pero sí una gran parte, después pasa a los filtros mecánicos de arena y seguidamente a los de resina catiónica fuerte que son de ciclo sodio, el agua tratada es usada en las calderas y en el circuito cerrado de enfriamiento de los molinos. A las calderas también se alimenta agua de los condensados no contaminados los cuales aportan temperatura al agua de entrada al ser ligada con la tratada.

Generación de Electricidad: El vapor de las calderas es aprovechado para producir energía eléctrica a través de los turbogeneradores. En estos se genera toda la energía eléctrica necesaria en la fabricación y el excedente se exporta al Sistema Electroenergético Nacional (SEN). El mismo cuenta con dos turbogeneradores que utilizan el vapor de presión media (2,41 MPa) producido en los generadores de vapor.

Generación de vapor: El vapor usado en el proceso es generado en la propia fábrica donde se usa como combustible exclusivamente bagazo que es un co-producto de la etapa de extracción del propio proceso con una humedad de 49,5 por ciento. El sistema

de generación de vapor está compuesto por dos calderas de 60 000 kg/h (60t/h) cada una.

Preparación de la Lechada de cal: La cal aquí tratada se disuelve, desarena y estandariza, la solución de óxido de calcio utilizada en la alcalización se prepara en tres tanques de capacidad cada uno de 7 m³ (Freide Orozco, 2015).

2.5 Criterios de los productores cañeros y los industriales.

Se realizó una encuesta para saber los criterios de los trabajadores acerca de las variedades que se muelen en la zafra.

CUESTIONARIO APLICADO.

Encuesta a realizar a los trabajadores de la UEB Antonio Sánchez.

A continuación se muestran las variedades de cañas de azúcar que se molieron en las zafras: **2011-2012 y 2012-2013.**

Según las variedades de cañas que usted conoce, ¿cuáles de estas que se presentan a continuación cree usted que sean más eficaces para mayor rendimiento y calidad del producto final?, de su criterio en una escala del: **5- excelente, 4 bien, 3 regular, 2 mal.**

Nota: Si desea puede agregar algún comentario a favor o en contra de alguna variedad.

Tabla 2.1. Encuesta realizada en el central Antonio Sánchez. Fuente:

Elaboración propia.

Variedades en la zafra 2011-2012	Criterios	Variedades en la zafra 2012-2013	Criterios
C 227-59		C 227-59	
C 323 – 68		C 323 – 68	
C 85-102		C 85-102	
C 86-12		C 86-12	
CP 5243		CP 5243	
		C 86-56	
		C 86-456	

Según los criterios cañeros e industriales sobre cuáles han sido las mejores variedades, las variedades encuestadas en las diferentes zafras fueron:

Las variedades que están de colores iguales se repiten en las zafras.

Zafra 2011-2012

--- C 227-59 ---C 323-68 --- C 85-102 ---C 86-12 --- CP 5243

Zafra 2012-2013

--- C 227-59 ---C 323-68 --- C 85-102 ---C 86-12 --- CP 5243

--- C 86-56 ---C86-456

La evaluación cualitativa dada por los encuestados se resume en el siguiente gráfico.

Los porcentajes de las variedades seleccionadas quedaron distribuidos de la siguiente forma:

Un 50% de los encuestados seleccionó la variedad C.86-12, un 20% las variedades C.85-102 y CP.5243, el 20% las variedades C.323-68 y C.227-59, las restantes variedades quedaron incluidas en 10%.

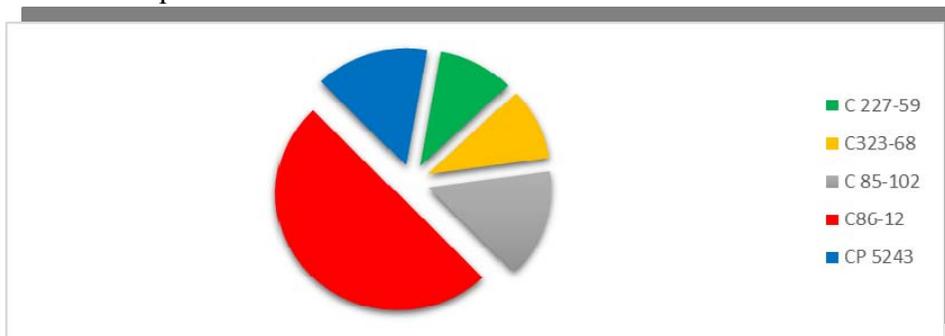


Figura 2.2 Resultados de la encuesta. Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados del gráfico 2.1 se observa que según los criterios cañeros e industriales fueron estas las seleccionadas para incluir en el procesamiento estadístico de las diferentes estructuras de molidas.

2.6 Obtención de la base de datos para el análisis estadístico.

Para el procedimiento estadístico usado mediante el STATGRAPHICS 5.0 se tomaron de los modelos de las zafras 2011-2012 y 2012-2013 se extraen de los mismos las diferentes cañas molidas por variedades, cantidades y totales de moliendas, todos estos datos son llevados a hojas de cálculo de un libro Excel, se introducen los datos de las zafras correspondientes, para totalizar todos los días de Zafra por mes con sus respectivas fechas, en las filas: las variedades y los parámetros industriales (Jugo Desmenuzadora Brix y Pol, Jugo Mezclado Brix y Pol., % de Fibra en caña, Azúcar producida, Rendimiento, Miel Final, Bagazo), se tomaron los datos de las variedades

que están más presentes en la estructura actual que tiene la UEB en la molida total. Los datos se importaran a la hoja de STATGRAPHICS, como se muestra en el ejemplo:

Base de Datos Zafras 2011-2012 y 2012-2013 Antonio Sánchez [Modo de compatibilidad] - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Días	Caña molida	C 227-59	C 323-68	C 85-102	C 86-12	CP 5243	Otras Var.	Desm Brix	Pol	Mezc Brix	Pol	% de Fibra	Azuc prod	Rt
2	28/12/2011	1121,10						1121,10	18,75	16,12	13,73	11,67	17,3	384,0	
3	29/12/2011	2919,92		78	241	1121	1377	102,92	18,02	15,35	14,77	12,5	16,87	240,0	
4	30/12/2011	2338,19		274		945	1066	53,19	18,82	16,64	13,86	12,14	17,94	240,0	
5	31/12/2011	1937,48		220		845	806	66,48	18,72	16,21	14,20	12,17	18,6	147,0	
6	01/01/2012	3543,67		361		2263	793	126,67	19,57	16,83	15,04	12,81	16,80	336,0	
7	02/01/2012	1780,06		202		777	592	209,06	18,38	15,90	14,24	12,17	19,1	144,0	
8	03/01/2012	3751,23		1096		1702	670	283,23	18,8	16,08	14,20	12	15,5	342,0	
9	04/01/2012	2064,68		553		863	300	348,68	18,73	16,05	14,13	11,14	17,7	207,0	
10	05/01/2012	1368,85		220		5385	405	-4641,15	18,71	16,10	14,43	12,32	17,09	336,0	
11	06/01/2012	1967,82		280		315		1372,82	18,93	16,30	14,15	12,05	16,75	336,0	
12	07/01/2012	2688,73		1200			78	1410,73	19,23	16,76	14,35	12,36	16,6	260,0	
13	08/01/2012	2384,41		1148		30	252	954,41	18,22	15,76	14,39	12,28	17,3	318,0	
14	09/01/2012	2786,98		520		66	1050	1150,98	19,27	16,65	14,51	12,46	16,58	265,0	
15	10/01/2012							0,00	19	16,22	14,69	12,44	16,1	290,0	
16	11/01/2012	2732,55	1050	449	739			494,55	19,73	17,31	14,68	12,77	17,3	250,0	
17	12/01/2012	1007,47	301	60	504			142,47	19,6	16,74	14,44	12,19	17,3	48,0	
18	13/01/2012	3408,55	369	710	2024			305,55	19,88	17,09	14,64	12,48	17,7	368,0	
19	14/01/2012	3253,86	380	601	1653	98		521,86	19,9	17,37	14,66	12,65	16,83	336,0	
20	15/01/2012	3698,02	714	1218	1332	34		400,02	18,87	16,26	13,98	12	17,07	300,0	
21	16/01/2012	3407,21	608	597	1786	206		210,21	19,62	17,05	15,53	13,34	17,1	344,0	
22	17/01/2012	3455,27	961	85	2187	119		103,27	20,55	17,96	15,38	13,29	18,7	288,0	

Figura 2.3 Base de datos de las zafras (2011-2012 y 2012-2013 procesada en la hoja de cálculo Excel. Fuente: Elaboración propia.

A continuación los datos extraídos de la hoja de cálculo Excel, que representan los porcentos más significativos de las variedades que se molieron.

En la zafra 2011-2012 las variedades y los porcentos de cada una en la molida total fueron:

Tabla 2.2. Porcentaje de molida de cada variedad. Fuente: Elaboración propia.

Variedad	C 227-59	C323 -68	C 85-102	C 86-12	CP 5243
% de molida	12,65	14,05	15,99	27,30	9.84

Estas variedades representan el **84,7 %** del total de molida.

En la zafra 2012-2013 las variedades y los porcentos de cada una en la molida total fueron:

Tabla 2.3. Porcentaje de molida de cada variedad. Fuente: Elaboración propia.

Variedad	C 227-59	C323 -68	C 85-102	C 86-12	CP 5243	C 86-56	C 86-456
% de molida	1,24	18,78	2,06	28,41	5,84	18,12	9,76

Estas variedades representan el **84,24 %** del total de molida y serán las analizadas en las siguientes regresiones.

2.7 Modelos estadísticos usados.

Ejemplo sobre la regresión lineal simple:

Con los datos organizados en la hoja de cálculo Excel, y al filtrar los datos de la zafra según la noma (3680 de molida) al 60,70 y 75%, se comenzó con el análisis para realizar las regresiones simples y múltiples en el programa STATGRAPHICS 5.0 con cada uno de estos porcentos, primeramente se coloca en el STATGRAPHICS 5.0 para el análisis de la regresión simple la variable industrial como variable dependiente y la variedad como variable independiente, esta operación se repite, y se mantiene la variable dependiente y al cambiar la variedad, luego de que las variedades se hallan analizado cada una independientes, se realizaran las siguientes regresiones simples

sucesivamente hasta que cada una de las variables industriales se analice con cada una de las variedades.

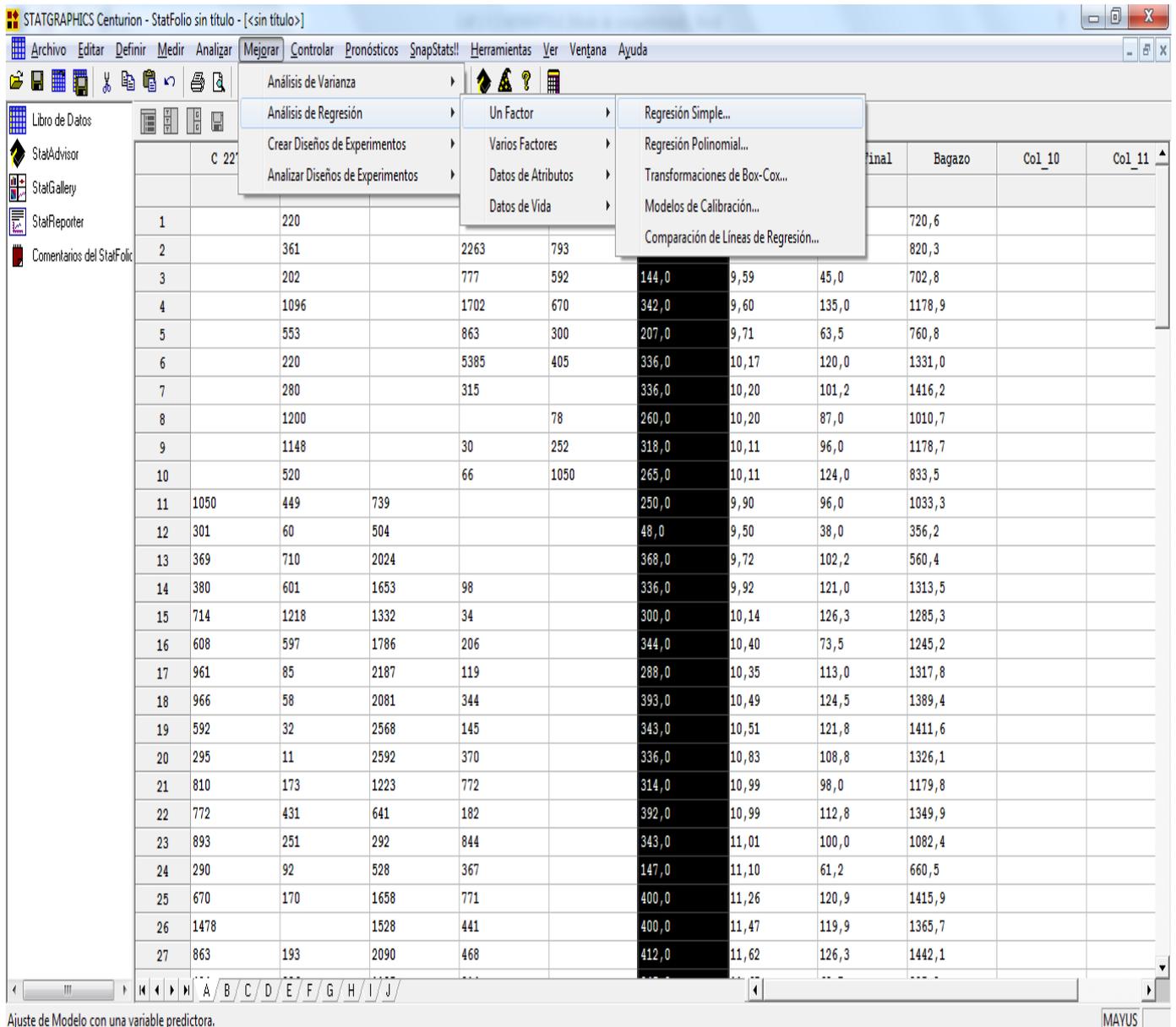


Figura 2.4 Análisis para la regresión simple. Fuente Elaboración propia.

Ejemplo sobre la regresión lineal múltiple:

Para el análisis de la regresión múltiple se toma como variable dependiente la variable industrial y las variedades de cañas como variable independiente, esta operación se realizó varias veces y se varió solo el término dependiente para después analizar los modelos que arrojó este análisis.

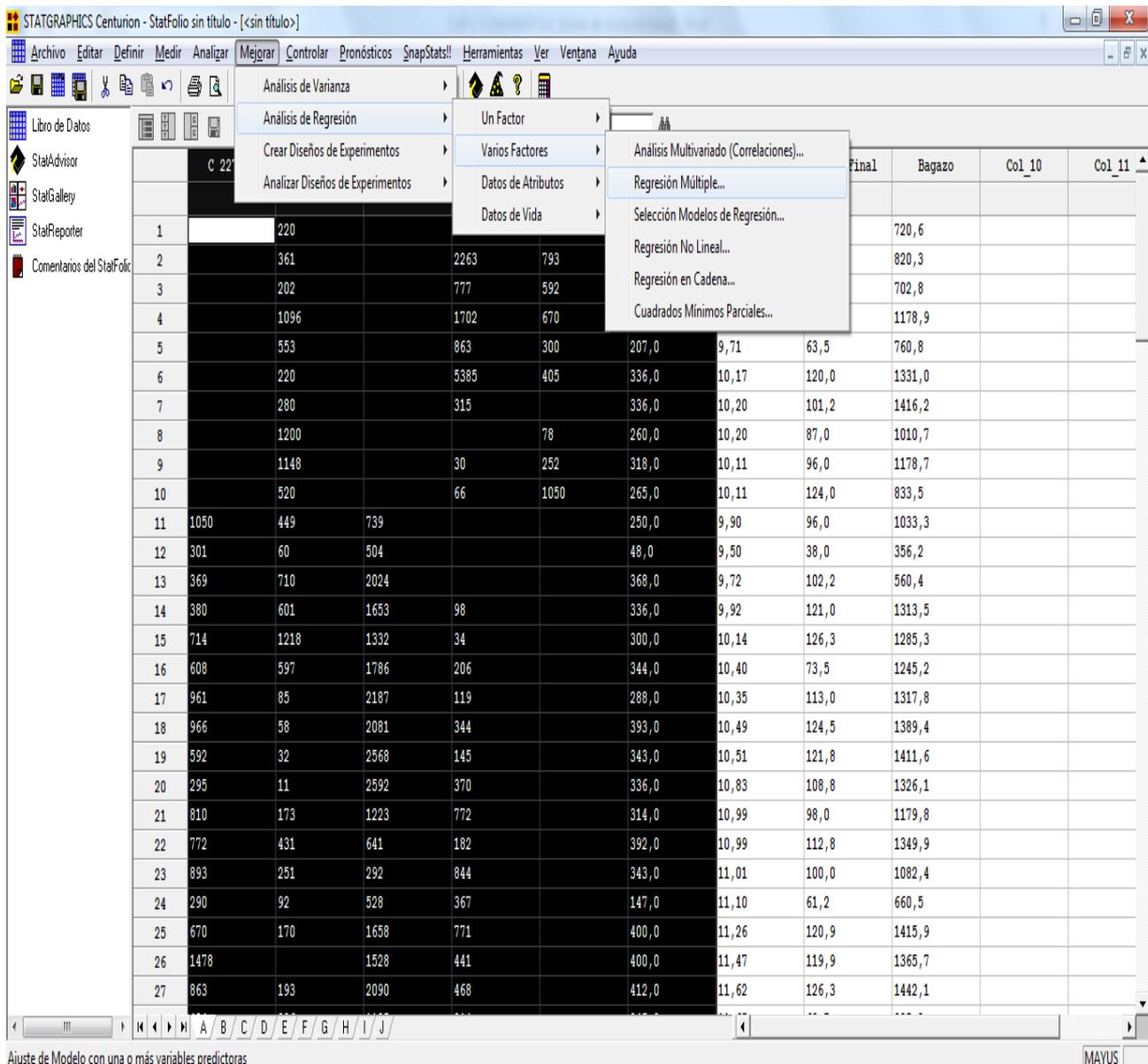


Figura 2.5 Análisis para la regresión múltiple. Fuente Elaboración propia.

2.8 Resumen y análisis de los resultados.

Para el análisis de los resultados obtenidos en las diferentes regresiones se muestran los siguientes:

Cada tabla muestra las regresiones realizadas a diferentes porcentos de molida de la capacidad potencial de cada zafra, esto indica como positivo (SI como una significación de que existe relación entre la variable independiente con la variable dependiente y su signo representa si el coeficiente es positivo o negativo, el termino (No) significa que no existe relación significativa entre la variable y la variedad por lo que no se considera importante resaltar su coeficiente).

Regresión simple:

Análisis de la zafra 2011-2012.

Significación estadística de las variables vs variedades

Tabla 2.4. Regresión al 60% de molida. Fuente: Elaboración propia.

Variedades	Azúcar Producido	Rendimiento	Miel Final	Bagazo
C 227-59	No	No	No	Si(+)
C 323-68	No	No	No	No
C 85-102	Si(+)	No	Si(+)	Si(+)
C 86-12	No	No	Si(-)	Si(-)
CP 5243	No	No	Si(-)	Si(-)

Tabla 2.5. Regresión al 70%de molida. Fuente: Elaboración propia.

Variedades	Azúcar Producido	Rendimiento	Miel Final	Bagazo
C 227-59	No	No	No	Si(+)
C 323-68	No	No	No	Si(-)
C 85-102	Si(+)	No	Si(+)	Si(+)
C 86-12	No	No	Si(-)	Si(-)
CP 5243	No	No	No	Si(-)

Tabla 2.6. Regresión al 75%de molida. Fuente: Elaboración propia.

Variedades	Azúcar Producido	Rendimiento	Miel Final	Bagazo
C 227-59	No	No	No	Si(+)
C 323-68	No	No	No	Si(-)
C 85-102	Si(+)	No	Si(+)	Si(+)
C 86-12	Si(-)	No	Si(-)	Si(-)
CP 5243	No	No	No	Si(-)

Análisis de la zafra 2012-2013

Tabla 2.7. Regresión al 60% de molida. Fuente: Elaboración propia.

Variedades	Azúcar producida	Rendimiento	Miel Final	Bagazo
C 227-59	No	No	No	No
C 323-68	No	No	No	No
C 85-102	No	No	No	No
C 86-12	No	No	No	No
CP 5243	No	No	No	No
C 86-56	No	Si(+)	No	No
C 86-456	No	Si(-)	Si(+)	No

Tabla 2.8. Regresión al 70% de molido. Fuente: Elaboración propia.

Variedades	Azúcar producida	Rendimiento	Miel Final	Bagazo
C 227-59	No	No	No	No
C 323-68	No	No	No	No
C 85-102	No	No	No	No
C 86-12	No	No	No	No
CP 5243	No	No	No	No
C 86-56	No	Si(+)	No	No
C 86-456	No	Si(-)	Si(+)	No

Tabla 2.9. Regresión al 75%de molido. Fuente: Elaboración propia.

Variedades	Azúcar producida	Rendimiento	Miel Final	Bagazo
C 227-59	No	No	No	No
C 323-68	No	No	No	No
C 85-102	No	Si(-)	No	Si(+)
C 86-12	No	No	No	No
CP 5243	No	No	No	No
C 86-56	No	No	No	No
C 86-456	No	No	No	No

Se realizaron las siguientes regresiones simples para ver el comportamiento de cada variedad pues según el coeficiente de la regresión lineal $Y = m \cdot X + B$, si m es positivo (+), entonces si x aumenta, Y aumenta.

Regresión múltiple:

Las siguientes tablas muestran los resultados de los modelos que arrojaron las regresiones múltiples, para ver si los modelos tienen estadísticamente significación o no.

Análisis de la zafra 2011-2012

Significación estadística de las variables vs variedades:

Tabla 2.10. Regresión múltiple al 60% de molida. Fuente: Elaboración propia.

Variables	C 227-59	C 323-68	C 85-102	C 86-12	CP 5243	Otras
Azúcar producida	+	+	+	+	+	+
Rendimiento	-	-	+	+	-	-
Miel Final	+	+	+	+	+	+
Bagazo	+	+	+	+	+	+

Tabla 2.11. Regresión múltiple al 70% de molida. Fuente: Elaboración propia.

Variables	C 227-59	C 323-68	C 85-102	C 86-12	CP 5243	Otras
Azúcar producida	-	+	+	+	+	+
Rendimiento	-	-	+	+	-	+
Miel Final	+	+	+	+	+	+
Bagazo	+	+	+	+	+	+

Tabla 2.12 Regresión múltiple al 75% de molida. Fuente: Elaboración propia.

Variables	C 227-59	C 323-68	C 85-102	C 86-12	CP 5243	Otras
Azúcar producida	+	+	+	-	+	+
Rendimiento	-	-	+	+	-	+

Miel Final	+	+	+	-	+	+
Bagazo	+	+	+	+	+	+

Análisis de las regresiones múltiples:

Se analizaron las tres tablas de regresiones múltiples a diferentes porcentos de molida para tomar el modelo matemático que mayor rendimiento mostrara, este fue el modelo seleccionado a un 75% de molida los restantes no se tomaron ya que los rendimientos arrojaban valores por debajo 13 (los signos indican si el coeficiente en el modelo es positivo o negativo):

Modelo matemático para estimar el rendimiento al 75%

$$\text{Rendim} = 11,3551 - 0,000576629 * C_{227_59} - 0,000521432 * C_{323_68} + 0,0000280874 * C_{85_102} + 0,0000808426 * C_{86_12} - 0,0011963 * CP_{5243} + 0,00014105 * \text{Otras Var}_$$

Análisis de la zafra 2011-2012

Tabla 2.13 Propuesta de molidas para obtener mayores rendimientos. Fuente: Elaboración propia.

Molida t/d	C 227-59	C 323-68	C 85-102	C 86-12	CP 5243	Otras	Rendimiento Estimado
3600	0	0	1300	1600	0	700	11,61
3500	0	0	1200	2000	0	300	11,59
3400	0	0	1300	1500	0	600	11,59
3300	0	0	1500	1000	0	800	11,59

Es conveniente moler estas cantidades y con las variedades recomendadas para estimar el rendimiento, así como también conviene que se muelan en el central otras cantidades de variedades pues puede que otra(s) variedad nueva me favorezca el proceso y me eleve el rendimiento industrial.

Análisis de la zafra 2012-2013

Tabla 2.14 Regresión múltiple al 60% de molido. Fuente: Elaboración propia.

Variables	C 227-59	C 323-68	C 85-102	C 86-12	CP 5243	C 86-56	C 86-456	Otras
Azúcar producida	-	+	-	+	-	+	+	-
Rendimiento	-	-	-	-	-	+	+	-
Miel Final	-	+	+	+	+	+	+	+
Bagazo	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla 2.15 Regresión múltiple al 70% de molido. Fuente: Elaboración propia.

Variables	C 227-59	C 323-68	C 85-102	C 86-12	CP 5243	C 86-56	C 86-456	Otras
Azúcar producida	-	+	-	-	-	+	+	-
Rendimiento	-	-	-	-	-	-	-	-
Miel Final	-	+	-	+	+	+	+	-
Bagazo	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla 2.16 Regresión múltiple al 75% de molido. Fuente: Elaboración propia.

Variables	C 227-59	C 323-68	C 85-102	C 86-12	CP 5243	C 86-56	C 86-456	Otras
Azúcar producida	+	+	-	+	+	+	+	-
Rendimiento	+	+	-	+	+	+	+	+

Miel Final	-	-	+	-	+	-	-	-
Bagazo	+	+	+	-	-	+	+	-

El modelo de mayor rendimiento que los demás modelos es el siguiente:

Estimación del rendimiento según el modelo matemático para el 75% de molida:

$$\text{Rendim} = 6,45491 + 0,000444354 * C_{227_59} + 0,00229408 * C_{323_68} - 0,00982072 * C_{85_102} + 0,000357231 * C_{86_12} + 0,00183906 * C_{86_456} + 0,00143549 * C_{86_56} + 0,00056387 * CP_{5243} + 0,0012191 * \text{Otras Var}_$$

Análisis de la zafra 2012-2013

Tabla 2.17 Propuesta de molidas para obtener mayores rendimientos. Fuente: Elaboración propia.

Molida t/d	C 227_59	C 323_68	C 85_102	C 86_12	C 86_456	C 86_56	CP 5243	Otras Var_	Rendimiento Estimado
3600	200	300	0	1200	1000	500	200	200	10,57
3500	300	400	0	1000	900	400	300	200	10,50
3400	200	300	0	1000	900	500	200	300	10,44
3300	160	400	0	950	500	600	400	290	10,14

Es ventajoso moler estas cantidades de caña (t/d) y con las variedades recomendadas para estimar el rendimiento, así como también conviene que se muelan en el central otras cantidades de variedades pues puede que otra(s) variedad nueva me beneficie el proceso y me eleve el rendimiento industrial.

Capítulo 3.



Capítulo III. Proyección de los balances de masa y energía, y el efecto económico.

3.1 Proyección de los balances de masa y energía.

Para estimar el rendimiento mediante el balance de masa y energía, se cuenta con los siguientes parámetros (Reyes Sánchez, 2015):

Normas de control de la calidad

Este proceso de producción de azúcar crudo se rige por los siguientes parámetros:

Materia prima:

El pH del jugo	-----	5,0-5,5
°Brix	-----	18-25
Pureza	-----	85-95
Acidez normal	-----	0,60-0,85

Jugo de la desmenuzadora:

El pH del jugo	-----	5,0-5,2
Acidez	-----	0,60-0,85
Azúcares reductores	-----	0,80-1,50

Bagazo:

Pol	-----	1,5-2,0
Humedad	-----	48 – 50
% volumen tierra	-----	< 5,0 %

Jugo mezclado:

°Brix	-----	12,50-14,50
Pureza	-----	84,90 %
Fosfórico	-----	300-350 ppm
Azúcares reductores	-----	0,60-1,50

Jugo clarificado:

Azúcares reductores	-----	0,60-1,50
Color	-----	85-100
Fosfórico	-----	8-20 ppm
Turbidez	-----	≤ 20
°Brix	-----	12,50-14,50
Pureza	-----	0,50-1,50 %
El pH	-----	6,5-6,8

Cachaza:

Humedad	-----	74,0 a 76,0 %
% en caña	-----	3,0 -3,5 %
Pol	-----	< 2,70

Masa Cocida A:

Densidad mínima	-----	Mínimo 92,5 °Bx
Caída pureza masa a miel	-----	Mínimo 15 puntos
Tiempo de cocción	-----	Mínimo 2 horas
Pureza	-----	Entre semilla y meladura

Masa Cocida B:

Pureza	-----	Adecuado a la pureza de miel
A		
Densidad	-----	Mínimo 94 °Bx
Caída de pureza masa a miel	-----	Mínimo 17 puntos
Tiempo de cocción	-----	Mínimo 3 horas

Miel B:

Pureza	-----	52-56
°Brix	-----	82

Azúcar A:

Pol	-----	99
Color Hornee	-----	<15
Humedad	-----	0,25 %
Tamaño del grano (%)	-----	65 %
Insoluble (%)	-----	0,02 %
Ceniza (%)	-----	0,25 %
Azúcares reductores	-----	0,30
Factor de seguridad	-----	0,25
Dextrana	-----	300 ppm
Partículas ferromagnéticas	-----	6 ppm

Producto auxiliar:

Cal	-----	CaO >65 %
-----	-------	-----------

3.2 Variables operacionales que ejercen mayor influencia en los equipos.

En este epígrafe se relacionan las principales variables operacionales manejadas a lo largo del proceso y sus parámetros (Reyes Sánchez, 2015).

Calentadores:

Variables operacionales:

- Presión de vapor de escape.
- Presión de vapor de jugo.
- Temperatura de salida del jugo de los calentadores.

Una vez en marcha los calentadores, se debe mantener la temperatura de salida del jugo entre los límites de 102-106 °C y la presión de vapor debe mantenerse entre 0,1 MPa. La velocidad de circulación del jugo es una variable de diseño del equipo y debe ser del orden de 2,13 m/s.

Clarificadores:Parámetros y variables operacionales:

- Flujo de alimentación.
- Temperatura de entrada del jugo (100 °C).
- pH de entrada y salida del jugo al clarificador (6.5-7.8).
- Velocidad de sedimentación.

Filtro:

- Alto y bajo vacío.
- Temperatura del agua de lavado (80 °C).

Evaporadores y tachos:

- Presión de vapor.
- Temperatura del vapor.
- Flujo de alimentación.

3.3-Desarrollo de los balances de masa y energía.

Estos balances se realizaron según el esquema energético de la fábrica, y se toma como referencia un día de molida.

Ejemplo de cálculo

A continuación se presenta un caso de estudio como validación de la metodología utilizada, en las hojas de cálculo Excel, (que se entregan adjunto al presente informe) (ver Anexo 2). Se han programado los cálculos para el análisis de diferentes condiciones operacionales donde la ejecución de los balances de masa y energía se realizaron según la metodología propuesta por (Espinosa, 1999) y se complementan con una hoja de trabajo de EXCEL. Estos datos de los balances, están ajustados a las condiciones operacionales actuales de la fábrica de azúcar Antonio Sánchez por (Freide Orozco, 2015) lo cual posibilita el manejo de un importante número de variantes para distintos arreglos energéticos de la industria.

Tabla 3.1. Resumen de los balances de masa y energía. Fuente: (Menes Alomá, 2013).

Balance de Masa			
Caña molida (t/h)	153,33	Masa Jugo Mezclado (t/h)	176,33
<i>Bagazo % Caña</i>	<i>36</i>	<i>Masa Jugo Alcalizado (t/h)</i>	<i>178,52</i>
Masa de bagazo (t/h)	55,20	Masa Jugo entrada Clarificador (t/h)	178,52
% extracción en los molinos	100	Masa de Lodo (t/h)	29,13
Masa de jugo en molinos (t/h)	153,33	Masa de Jugo Claro (t/h)	149,39
Agua de Imbibición (t/h)	55,2	Masa de Cal (t/h)	76,6
Masa Jugo en los filtros (t/h)	23	Masa de Lechada (t/h)	2,19
Balance de Energía			
Consumo de vapor Pre-evaporadores (t/h)	71,18	Vapor generado en la Caldera t/h	95,99
Consumo de vapor 1er Evaporador (t/h)	12,06	IG (índice de generación) kgv/kg bag	2,018
Consumo de vapor de tachos (t/h)	28,17	η_{cal} (Eficiencia total de las calderas) %	55,28
Consumo de vapor Calentador 1 J.C (t/h)	3,58	Bq (bagazo quemado) t/h	47,64
Consumo de agua Calentador 2 L-L (t/h)	88,15	Condensados (t/h)	83,24
Consumo de vapor Calentador 3	9,08	Agua de reposición (t/h)	12,74
Consumo de vapor Calentador 4	6,56	% Reposición	13,2
Consumo de vapor turbogeneradores (t/h)	70,63	Electricidad Generada kW-h/h	6251,22
Consumo de vapor Necesidades Tecnológicas (t/h)	81,33	Electricidad Consumida kW-h/h	4906,66
Consumo de vapor Válvula Reductora t/h	10,69	Electricidad Entregada al SEN kW-h/h	1344,56
% Válvula Reductora	11,13	Electricidad Entregada al SEN kW-h/d	32269,4

El balance queda conformado en un libro Excel de la siguiente manera:

Se tomaron los datos actuales del central para un día de molida con sus respectivas ecuaciones y fueron introducidos para hacer posteriormente los cálculos.

Datos para BM		Base de cálculo: 1 día			
Caña molida t/d	3680				
Bagazo % caña	36	Balance total en los molinos			% Cachaza/caña=3,
% de extracción molinos	100	$Caña+H_2O=Bagazo+Jugo\ de\ molinos$			
Cachaza t/d	147,2				
Hum del bagazo (%)	48,2				
Brix Jugo mezclado	14,82				
Brix Jugo clarificado	14,45				
Brix meladura	65				
Brix salida del 1 Pre-ev	21				
Brix salida del 2 Pre-ev	27				
Floculante (kg/d)	18,4				
Datos para BE		Cálculo de la cantidad de bagazo			
Pre- evaporador		Masa de bagazo (t/d)	1324,8		
P (cal) Mpa	0,1	Masa de bagazo (kg/h)	55200		
λ (cal) Kcal/kg	639				
P(cuerpo) Mpa	0,06	Cálculo de la cantidad de Jugo en molinos			
λ (cuerpo) kcal/kg	633,77	Masa de jugo en molinos (t/d)	3680		
Teb °C	103	Masa de jugo en molinos (kg/h)	153333,3333		
Talim °C	108				
Cuádruple efecto (Primer vaso)		Cálculo de el agua de imbibición			
P (cal) Mpa	0,06	Agua de imbibición (t/d)	1324,8		

Leyenda	
[Caja azul]	Datos a cambiar
[Caja verde]	Datos invariables
[Caja naranja]	Resultados en kg/h
[Caja amarilla]	Resultados en t
[Caja roja]	Otros resultados
[Caja gris]	Resultados del balance de calor

Figura 3.1 Balance conformado en la hoja de cálculo Microsoft Excel. Fuente: (Freide Orozco, 2015).

Luego de mostrarse el balance conformado en el libro Excel con los datos actuales de la fábrica para un día de molida (3600 t/días) con sus respectivas ecuaciones introducidas para hacer los cálculos, se realizan los balances para azúcar como se muestra en el siguiente gráfico:

Tabla 3.3. Valores de las variables industriales. Fuente: Elaboración propia

Datos para BM	
Caña molida t/d	3680
Bagazo % caña	36
% de extracción molinos	100
Cachaza t/d	136,16
Hum del bagazo (%)	48,2
Brix Jugo mezclado	14,82
Brix Jugo clarificado	14,45
Brix meladura	65
Brix salida del 1 Pre-ev	21
Brix salida del 2 Pre-ev	27
Floculante (kg/d)	18,4

Con las variables industriales se variaron las cantidades de molidas y el porcentaje pol de la meladura para obtener valores de Jugo mezclado del Brix, Jugo Mezclado del Pol y Azúcar producida para obtener rendimientos.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos mediante el balance, se ve que el rendimiento depende de la variedad que se muele por lo que al comparar los rendimientos estimados mediante los modelos matemáticos, estos son más elevados que los obtenidos en el balance.

Tabla 3.4. Corrida de los balances para obtener el Rendimiento. Fuente: Elaboración propia

Caña molida	Azúcar producida	Rendimiento
3600	425,48	11,82
3500	407,20	11,63
3400	389,29	11,45
3300	371,74	11,26

A continuación la siguiente tabla muestra la programación de molida de las variedades, donde las etapas representan el tiempo en que serán cortadas para la zafra en el central, ya que estas no poseen iguales características por lo que no serán molidas al mismo tiempo.

1ra etapa: Comprendida entre diciembre-enero. (Se considera que las variedades son escasas ya que muchas no han alcanzado su período de madurez por lo que hay muy poco rendimiento.)

2da etapa: Comprendida entre enero-marzo. (Las variedades expresan su máximo potencial)

3ra etapa: Comprendida entre marzo-abril (Comienza a decrecer el rendimiento)

Tabla 3.5. Propuesta de molienda para la zafra. Fuente: Elaboración propia

Etapas	C 227_59	C 323 _ 68	C 85_102	C 86_12	C 86_456	C 86_56	CP 5243	Otras
1				X	X	X	X	
2	X	X	X	X	X	X		X
3	X	X	X					

3.4- Efecto económico.

Tabla 3.6. Parámetros Económicos a controlar durante la evaluación económica. Fuente Elaboración Propia.

Parámetros Económicos
Tasa Interna de retorno requerida (TIR)
Valor Actual Neto (Leal G., Chirinos, Leal, Morán, & Barrera)
Período de Recuperación de la Inversión (PRI)
Índice de rentabilidad
Punto de Equilibrio (unidades físicas)
Punto de Equilibrio (% Producción)
- Costo Operación /Ingreso
- Costo Total/Ingreso

Según (Leal G. et al.) dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Ambos conceptos trabajan con variables esenciales que conforman el presupuesto de capital,

son ellos, los flujos de caja, el desembolso inicial, el plazo de vida útil del proyecto y el costo de oportunidad de capital (simplificar, ingresos menos gastos netos) (Reyes Sánchez, 2015).

(Tobar Torres, 2010) plantea que el Valor Presente Neto debe aceptarse si es igual o superior a cero y se define como la diferencia entre todos los ingresos y egresos expresados en moneda actual (Reyes Sánchez, 2015).

VAN < 0 RECHAZO

VAN >= 0 ACEPTACIÓN

Debe tener presente que el cálculo del punto de equilibrio está dirigido a conocer el número de unidades a vender para que la empresa ni gane ni pierda. Por tanto a partir de ese valor se obtienen ganancias y por debajo se pierde.

La TIR es un indicador de la rentabilidad de una inversión mientras mayor sea el valor, mayor es la rentabilidad.

K: Tasa de actualización o de descuento. Debe ser superior al interés del préstamo bancario.

El criterio de decisión respecto a este indicador es el siguiente:

- Si $TIR > K$ Se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el coste de oportunidad).
- Si $TIR < K$ Se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

El RVAN o Índice de rentabilidad o Razón Beneficio - Costo es la relación del VAN/ Valor de la inversión (González, 2009), expresa cuanto se obtiene por cada peso invertido en el periodo analizado, y es una de los principales indicadores para la toma de decisiones inversionistas.

Para calcular estos indicadores económicos se utilizó un juego de libros de Excel ya programados recomendados por (González, 2009) donde para ellos se necesita conocer como primer requisito las inversiones de dicho proyecto.

Tabla 3.7. Inversiones agrícolas. Fuente: Elaboración propia.

INVERSIONES	Miles \$
Preparación de suelos	450,00
Montaje sistema de riego	45,00
Equipos de riego	580,00
Montaje balanzas de caña	90,00
Laboratorio pago de la caña	70,00
Labores de Cultivo	390,00
Equipos Agrícolas	15800,00
Total	17425,00

Luego de tener las inversiones se introducen los datos de la información básica, estos se ven en la tabla 3.8

Tabla 3.8. Información básica para la evaluación económica. Fuente: Elaboración propia.

Concepto / año	UM	2018	2019	2020-27
		Año base		
Caña a moler	Mt	353,280	367,411	367,411
Capacidad Potencial	t/d	3680	3680	3680
Capacidad Operacional	t/d	3128	3128	3128
Aprovechamiento	%	85	85	85
Días de Zafra	días	112,9	117,5	117,5
Índice de Miel Final	t/t caña	0,025	0,025	0,025
Miel Final producida	t	8832,0	9185,3	9185,3
Rendimiento	%	11,1	11,1	11,1
Azúcar Comercial	Mt	39,037	40,599	40,599
Bagazo	Mt	109,517	113,897	113,897
Cachaza	Mt	12,012	12,492	12,492
Miel Urea Bagacillo	t	1807	1879	1879
Generación Electricidad	MWh	17347,8	18041,7	18041,7
Electricidad entrega	MWh	4336,9	4510,4	4510,4
Capac. Operacional turbos		7,11	7,11	7,11

Tabla 3.9. Datos complementarios para la evaluación económica. Fuente: Elaboración propia.

Caña	
Área, Ha	9600
Rendimiento, t/Ha	46
Caña total, Mt	441,600
% Movable	80
Caña a zafra, Mt	353

Al tener esta información ya completa, se vieron los costos totales mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 3.10. Costos totales en miles de pesos. Fuente: Elaboración propia.

Costos Totales en Miles de pesos				
Años	2018	2019	2020	2021
Azúcar, Miles t	39,037	40,599	40,599	40,599
ELEMENTOS				
COSTOS VARIABLES	36340,69	34952,40	34952,40	34952,40
Caña	25574,48	26597,46	26597,46	26597,46
Otros Materiales	9188,98	6714,62	6714,62	6714,62
Combustible	6,44	6,70	6,70	6,70
Energía	494,25	514,02	514,02	514,02
Otros gastos monetarios	1076,54	1119,60	1119,60	1119,60
COSTOS FIJOS	9678,08	10065,2	10065,2	10065,2
Salario y Seguridad Social	2611,68	2716,15	2716,15	2716,15
Amortización de Activos Fijos	1160,70	1207,13	1207,13	1207,13
Industria	1812,50	1812,50	1812,50	1812,50
Amortización Cargos Diferidos	3067,29	3189,98	3189,98	3189,98
Industria	3067,29	3189,98	3189,98	3189,98
Rep. Y Mantenimiento zafra	652,71	678,81	678,81	678,81
Administración industrial	473,64	492,59	492,59	492,59
Gastos Generales y de Administración	1515,82	1576,46	1576,46	1576,46
Gastos Distribución y venta	196,24	204,09	204,09	204,09
COSTO TOTAL BRUTO	46018,78	45017,60	45017,60	45017,60
Unitario total	1178,84	1108,84	1108,84	1108,84
Costo variable unitario	930,919	860,919	860,919	860,919

La siguiente tabla muestra los valores de proyección de producción e ingresos por ventas.

Tabla 3.11. Proyección de producción e ingresos por ventas industria.

Concepto/ Años	2018	2019	2020	2021
Azúcar de calidad Comercial Mt	39,037	39,037	40,599	40,599
Precio en CUC Minaz CUC/ t	61,20	61,20	61,20	61,20
Precio en Cup Cup/ t	1251,60	1251,60	1251,60	1251,60
Miel C Mt	8,832	8,832	9,185	9,185
Precio en Cup Cup/ t	80,00	80,00	80,00	80,00
Cachaza Mt	12,012	12,012	12,492	12,492
Precio en Cup Cup/ t	2,00	2,00	2,00	2,00
Electricidad a la red MWh	4337	4337	4510	4510
Precio en Cup Pesos/ kWh	0,14	0,14	0,14	0,14
Miel Urea bagacillo, Mt	1,81	1,88	1,88	1,88
Precio en Cup Pesos/t	50,00	50,00	50,00	50,00
Precio en CUC CUC/ t	80,00	80,00	80,00	80,00
Precio en CUC CUC/ t	6,70	6,70	6,70	6,70
Total ingreso MCUC Minaz	2389,09	2389,09	2484,65	2484,65
Total ingreso Divisa MCUC	2389,09	2389,09	2484,65	2484,65
Total ingreso MCup	47895,67	47899,29	49811,50	49811,50
INGRESO MONEDA TOTAL	50284,77	50288,38	52296,16	52296,16

Con todas estas tablas antes expuestas se llegó a los resultados finales, es decir a todos los indicadores de evaluación económica.

Tabla 3.12. Evaluación económica.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4 al 10
Proyec. Producción, Mt	39,037	39,037	40,599	40,599
Precios Mon.Total, \$/t	1251,60	1251,60	1251,60	1251,60
Electricidad a RED, MWh	4337	4337	4510	4510
Precio Electricidad, \$/Kwh	0,14	0,14	0,14	0,14
Precio Miel C USD/t	80,00	80,00	80,00	80,00
Costo Unitario Mon. Total	1108,84	1108,84	1108,84	1108,84
Precio promedio, \$/t	1288,12	1288,21	1288,12	1288,12

Tabla 3.13. Resumen de los parámetros económicos

Parámetros	Mon. Total
Económicos	Invers. Total
TIR , %	33,7
VAN al 12%, Miles\$	17477,9
RVAN \$/\$	1,00
P.Recuper. Inv. (Años)	3,92
Pto de Equil. (Ton Produc)	20608,6
Pto de Equil. (% Produc)	50,8
- Costo Oper. /Ingr.	0,90
- Costo Total/Ingr.	0,98

En la fábrica se necesita un crédito de 17477,9 M\$, con un interés del 10%, con 1 año de gracia y un Período de Recuperación de Inversión de 3,92 años.

Como se destacaba con anterioridad si:

VAN < 0 RECHAZO

VAN >= 0 ACEPTACIÓN

VAN = 17477,9 > 0 El proyecto es factible.

Si $TIR > K$ Se aceptará el proyecto.

Si $TIR < K$ Se rechazará el proyecto.

TIR = 33,7 > K = 11 El proyecto es factible.

El RVAN es bajo, como debe dar bajo el supuesto de venta para trabajadores

$$\textit{T tiempo verdadero de recuperaci3} = \frac{\textit{T tiempo de recuperaci3}}{\textit{Vida 3til del proyecto}}$$

$$\textit{T tiempo verdadero de recuperaci3} = \frac{3,92 \text{ a3os}}{11 \text{ a3os}} = 0.36 = 36\%$$

Necesitan solo el 36% del plazo total para recuperarse.

3.5- Consideraciones sobre el impacto ambiental de la propuesta.

En la propuesta tecnol3gica para la producci3n de az3car se aplican varios procesos, se pretende aumentar el rendimiento en la F3brica de az3car "Antonio S3nchez". Durante el desarrollo del proceso se producen impactos al medio ambiente de los cuales se deben tener conocimientos para poder mitigarlos:

- Generaci3n de desechos s3lidos (bagazo, ca3a).Contaminaci3n de los suelos.
- Emisi3n de gases .Contaminaci3n atmosf3rica.
- Emisi3n de ruidos .Alteraci3n ac3stica de los espacios o 3reas edificadas, alteraci3n ac3stica por equipos no insonorizados.
- Mal dise3o ambiental, t3rmico y visual en espacios interiores. Afectaci3n al hombre, iluminaci3n deficiente (deterioro visual), alteraci3n del BTH (bienestar t3rmico humano) por generaci3n de calor y ventilaci3n deficiente.
- Mal dise3o para la seguridad y la protecci3n. Da3o al medio por peligros de accidente, emisi3n de polvo, contaminaci3n por materiales y t3cnicas agresivas al medio.

Acciones para mitigar o eliminar los impactos:

- No realizar vertimientos a redes de alcantarillados de sustancias t3xicas o explosivas.
- Definir y aprobar por las autoridades ambientales las 3reas de disposici3n final de residuos reciclables.
- Definir y aprobar por las autoridades ambientales las 3reas y procesos de disposici3n o tratamiento de los residuos contaminantes.
- Evaluar tratamientos de gases generados por el entorno existente.
- Proteger las paredes contra la absorci3n de humedades por capilaridad, inundaciones, estancamiento de aguas pluviales que pueden constituir reservorios de hongo o vectores.

- Utilizar elementos naturales como barreras para atenuar el ruido producido por el entorno inmediato o generado por las actividades de nuestra inversión.
- Orientación adecuada de las áreas húmedas (baños, lavaderos).
- Eliminar barreras arquitectónicas en los recorridos peatonales.

La NC 391-3:2010 establece las disposiciones finales:

- Todas las redes incluirán las protecciones respectivas contra descargas eléctricas atmosféricas.
- Cumplimiento de los requisitos legales aplicables para la protección contra incendios.
- Utilizar equipos de refrigeración eficientes.
- Utilizar iluminación eficiente, controles automáticos.
- Espacios correctamente climatizados aplicar las especificaciones de la NC-217:2002 (Reyes Sánchez, 2015).

Conclusiones.



Conclusiones generales

El desarrollo de la presente investigación ha permitido arribar a las siguientes conclusiones generales:

1. El estudio bibliográfico de las variedades de caña de azúcar permitió identificar las de mejor carácter morfológico para obtener mejor rendimiento en el período de zafra analizado.
2. Se comprueba una herramienta para el análisis estadístico del comportamiento de la eficiencia industrial en función de las variedades que puede ser utilizado siempre antes, mediante o después de una zafra para pronósticos y posible proyección de estructura de molida.
3. Existe el efecto de una propuesta de programación de molida sobre el rendimiento.
4. La presente investigación indica valores adecuados de rentabilidad que hacen factible la ejecución del proyecto: TIR=33,7 %, VAN al 12 %=17 477,9 Miles\$, RVAN=1,00 \$/\$, PRI=3,92 años, Punto de Equilibrio=50,8 % de producción.

Recomendaciones.



Recomendaciones

1. Implementar las propuestas de mejoras, lo cual facilita una gestión eficaz para la calidad de la materia prima y con ello el aumento de eficiencia general.
2. Continuar el estudio para tener una mejor exactitud de cual variedad será conveniente o no moler.
3. Capacitar a un Ingeniero de la Fábrica de azúcar "Antonio Sánchez" en el uso de la herramienta propuesta para que pueda sistematizar el estudio y al cabo de unos años llegar a conclusiones mejor fundamentadas sobre las variedades de mejor comportamiento.
4. Aplicar el procedimiento estadístico en todas las Fábricas Azucareras de la Provincia.

Bibliografia.



Bibliografía

- Alejandro Rosas, J., Galindo Tovar, H., Lee Espinosa, O., & Alvarado Gómez. (2010). Variabilidad genética en 22 variedades híbridas de caña de azúcar (*Saccharum*. spp. Híbrido). Retrieved from <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v79n1/v79n1a13.pdf>.
- Álvarez Frías, A. (2013). Científicos espirituanos buscan variedades más resistentes de la caña. Retrieved from <http://www.escambray.cu/2013/cientificos-espirituanos-buscan-variedades-mas-resistentes-de-la-cana/>.
- Camargo. (1977). La caña de azúcar en Cuba.
- CITMA. (2002). Informe resumen de los resultados obtenidos en los temas de investigación del PPE - 01 "Variedades y tecnología de la caña de azúcar en el período 1981 - 87".
- Directorio Historia de Cuba. (2016). La Historia del Azúcar en Cuba. Retrieved from http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:mWeaamR9bTcJ:aguadadepa sajeros.bravepages.com/cubahistoria/historia_azucar_cuba.htm+&cd=6&hl=es&ct=clnk
- Fonseca, L., Cruz, R., Ortiz, R., & Verdecia, H. (2004). Avances en el mejoramiento del contenido azucarero de variedades de caña de azúcar en la región oriental. Retrieved from http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol7/1/2003_07_01_a04.doc
- Freide Orozco, M. L. (2015). *Propuesta para el aumento de capacidades en la Industria Azucarera Antonio Sánchez*. (Trabajo de Diploma) Universidad Carlos Rafael Rodríguez. Cienfuegos.
- Fretes, F., & Martínez, M. (2011). Caña de azúcar análisis de la cadena de valoren concepción y canindeyú. Retrieved from https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/cana_de_azucar.pdf
- García. (2006). Variedades de caña de azúcar. En: Programa de Fitomejoramiento. Impacto en la producción azucarera cubana.
- González. (1994). Variedades de cañas. Cañas de azúcar.
- González. (2006). Azucres reductoras. *Revista Cañera*, 5, 23–40.
- González Acosta, R. M., & Suárez, H. J. (2016, January 27). Generalización del SERVAS y su contribución al mejoramiento de la composición varietal y la calidad de la semilla. Retrieved from https://www.google.com.cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&act=8&ved=0ahUKEwj_rdTlbnKAhXEbB4KHZMSBnoQFgghMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.forumcyt.cu%2FUserFiles%2Fforum%2FTextos%2F0300143.doc&usq=AFQjCNGEtyGUacl7GPHucoDW4U1yBbBhIA&bvm=bv.112064104,d.dmo
- González, V. (2009). *Procedimiento para estudios previos inversionistas en la industria de procesos químicos y fermentativos*. (Trabajo de Diploma) Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Villa Clara.

- H Jorge, Ibis, & Bernal, N. . (2010). Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña.
- Héctor, Jorge, I., & Pérez, G. (2008). Variedades de caña de azúcar en cuba. Problemas y soluciones. Retrieved from <http://www.actaf.co.cu/revistas/ATAC/ATAC1-2008/03variedadesAzucar.pdf>.
- Hutchinson, & Daniels. (1971). Variedades de caña de azúcar en Cuba. Una nueva concepción y manejo.
- Ibarra Rodríguez, J., Cruz Mendoza, M., Serrano Gutiérrez, A., Hernández – Pérez, G., & Cruz Sarmiento, R. (2015). Influencia de variables climáticas en los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar en la empresa azucarera de Holguín. Retrieved from http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol%2019/1/2015_19_n1_a5.pdf.
- Ignacio Santana Aguilar, Santos Ferrer, J. C., Guillén Sosa, S., & Sánchez Ferrer, M. E. (2012). *Instructivo técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Jorge. (2003). Bagazo de caña de azúcar: ¿energía o etanol carburante? Dos casos de estudio.
- Jorge H, & Ibis. (2006). Variedades de caña de azúcar. En: Programa de Fitomejoramiento. Impacto en la producción azucarera cubana.
- Larrahondo. (2011). Calidad de la caña de azúcar.
- Leiva Suárez, A. J. (2013). Respuesta de cultivares de caña de azúcar en Vertisuelos. Retrieved from <http://www.monografias.com/trabajos96/respuesta-cultivares-cana-azucar-vertisuelos/respuesta-cultivares-cana-azucar-vertisuelos.shtml>.
- Matsuoka. (1991). Climatización de la caña, Medio ambiente.
- Mendoza Batista, Y., & Cruz Sarmiento, R. (2014). Comportamiento de variedades de caña de azúcar (saccharum spp. híbrido) en condiciones de sequía. Retrieved from http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol%2018/1/2014_18_n1_a4.pdf.
- Menes Alomá, S. (2013). *Prefactibilidad técnico- económico para la generación de energía eléctrica en el Central Antonio Sánchez* . (Trabajo de Diploma) Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Villa Clara.
- Pérez, R. (1984). EL USO DE LAS MIELES DE CAÑA DE AZUCAR EN MONOGRASTRICOS. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E20.htm>.
- Ramírez J, L. (2002). Calidad de la caña, controles analíticos y eficiencia fabril.
- Reyes Sánchez, Y. (2015). *Estudio de la influencia de las variedades de caña sobre los indicadores de eficiencia industrial en el Central "14 de Julio"*. (Trabajo de Diploma) Universidad Carlos Rafael Rodríguez. Cienfuegos.
- Torres Santos, G. (2013). *Indicadores agroindustriales y fisiológicos de Cultivares de Caña de Azúcar*. Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila. Retrieved from <http://www.monografias.com/trabajos98/indicadores-agroindustriales-y-fisiologicos-cultivares-cana-azucar/indicadores-agroindustriales-y-fisiologicos-cultivares-cana-azucar.shtml>

Yulexi Mendoza - Batista, Rubisel Cruz – Sarmiento, & Martínez, O. L. (2014). Comportamiento de variedades de caña de azúcar (*saccharum* spp. híbrido) en condiciones de sequía. Retrieved from http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol%2018/1/2014_18_n1_a4.pdf.

Zaldívar Salazar, M. C. (2016, January 19). Evaluación de las combinadas cosechadoras de caña de azúcar para las condiciones explotativas de Venezuela. Retrieved from <http://www.monografias.com/trabajos67/evaluacion-condiciones-explotativas-venezuela/evaluacion-condiciones-explotativas-venezuela.shtml>

Anexos.



Anexos

Anexo 1. Fábrica de azúcar Antonio Sánchez



Anexo 2. Metodología utilizada en las hojas de cálculo Excel para los Balances de Masa y Energía.

3680	Base de cálculo: 1 día	
36	Balance total en los molinos	
100		
136,16		
48,2		
14,82		
14,45		
65		
21		
27		
18,4		
	Caña+H₂O=Bagazo + Jugo de molinos	
	Cálculo de la cantidad de bagazo	
0,1	Masa de bagazo (t/d)	1324,8
639	Masa de bagazo (kg/h)	55200
0,06		
633,77	Calculo de la cantidad de Jugo en molinos	
103	Masa de jugo en molinos (t/d)	3680
108	Masa de jugo en molinos (kg/h)	153333,3333
	Cálculo del agua de imbibición	
0,06	Agua de imbibición (t/d)	1324,8
633,77		
0,01		

617,34	Calculo de la cantidad de jugo de filtros	
4	Jugo de filtros (t/d)	552
105		
103	Calculo de Jugo mezclado	
	Jugo Mezclado (t/d)	4232
	Jugo Mezclado (kg/h)	176333,3333
13,23		
35,23		
90,06	Determinando la masa de lechada de cal	
64,28	$\rho(\text{CaO}) = 1.029 \text{ Kg/L}$	1,029
92,6	36g CaO/L de lechada	
1450	500g CaO/t de caña	
1,6		
	Kg de (CaO)	1840
12,06	Volumen de lechada de cal (L)	51111,11111
39,08	$\rho(\text{lechada}) = m(\text{lechada}) / V(\text{lechada})$	
90,12	m (lechada) kg	52593,33333
62,08	m (lechada) t	52,59333333
93,8		
2,5	Calculo de la cantidad de jugo alcalizado	
	m (Jugo alcalizado) t/d	4284,593333
	m (Jugo a calentadores 2,3,4) kg/h	178524,7222
16,99		
59,42	Balance total en el clarificador	
89,8	m (jugo que entra al clarificador) t/d	4284,611733
64,28		
93,08	Balance total en el filtro	
2	Lodo (t/d)	688,16
10,03	Cálculo de la masa de jugo clarificado	
30,73	m (Jugo claro) t/d	3596,451733
90,5	m (Jugo claro) kg/h	149852,1556
66,2	m(jugo al calentador 1)	149852,1556
92,5	Balance Parcial en el 1 Pre-Evaporador	
2	Jugo a la salida (kg/h)	103112,5547
	Balance Parcial en el 2 Pre-Evaporador	
	Jugo a la salida (kg/h)	80198,65362
12,06	Balance Total en los Pre-Evaporadores	
36,22	Vapor Producido = Ext (kg/h)	69653,50193
90,06	Calculo del consumo de vapor en el Pre	
64,28	$C_p(jc)$	0,91908
92,75		
1,6	G (pre-evap) kg/h	71406,02941
12,83		
36,25	Calculo del consumo de vapor en el 1er vaso	

92,5	Cp (j entrada)	0,8488
64,28	Evaporación total (Vt)	46885,36673
95,8	G=S (1er vaso) kg/h	12097,58468
5	Economía	3,875597318

(ζ)

Cálculo de consumo de vapor de los Tachos		
1,1	Tacho # 1	
1,2	P (inic) kg	19183,5
1,3	W (inic) kg	526,199676
	P (final) kg	51083,5
	P (mat) kg	45196,23382
	W (mat) kg	13822,4335
	G (tacho1) kg/h	9864,685306
149852,2	Tacho # 2	
0,91908	P (inic) kg	17487
95	W (inic) kg	686,0571429
108	P (final) kg	56666
0,23	P (mat) kg	58161,0509
523	W (mat) kg	19668,10804
1,05	G (tacho2) kg/h	9769,99929
178524,7	Tacho # 3	
0,917008	P (inic) kg	24635,5
35	W (inic) kg	868,1181779
56	P (final) kg	86159
94	P (mat) kg	87831,40853
98,07	W (mat) kg	27176,0267
	G (tacho3) kg/h	15424,27968
178524,7	Tacho # 4	
0,917008	P (inic) kg	14543,5
56	W (inic) kg	314,4540541
85	P (final) kg	44558,5
0,06	P (mat) kg	41500,00755
548,8	W (mat) kg	11799,46161
	G (tacho4) kg/h	7874,04518
178524,7	Tacho # 5	
0,917008	P (inic) kg	17487
85	W (inic) kg	507,1701348
105	P (final) kg	52519
0,23	P (mat) kg	49816,08541
523,7	W (mat) kg	15291,25554
	G (tacho5) kg/h	10861,41765
11,3	Tacho # 6	
3900	P (inic) kg	18603,5
0,697929		

130,4	W (inic) kg	640,8303758
0,94	P (final) kg	52562,5
0,95	P (mat) kg	49655,89063
0,94	W (mat) kg	16337,72101
1,72	G (tacho6) kg/h	4414,42336
340		
745,4	G (total de tachos) kg/h	73633,13
0,12		
140	Cálculo de consumo de vapor en calentadores	
654,39	G (Cal 1) kg/h	3594,572708
615		
	G (Cal 2) (Agua condensada) kg/h	35055,37441
2350	G (Cal 3) kg/h	9083,321472
0,94		
	G (Cal 4) kg/h	6564,599137
	G (total de calentadores) kg/h	19242,49332
110000	Cálculo de consumo de vapor en los turbos	
6738,756	G (Turbogenerador 1) kg/h	43903,04385
1,1		
230	G (Turbogenerador 2) kg/h	26735,82798
1,5		
1,93		
350	G (Total de Turbogeneradores) =G(mp) kg/h	70638,87183
749,6		
	Consumo de vapor de necesidades tecnológicas	
115	G (NT) kg/h	81565,20125
115,24		
0,99		
0,93	Consumo de vapor por válvula reductora	
0,93	G (VR) kg/h	10926,32942
	%G (VR)	11,3499149
	Vapor generado en la caldera	
	G (Caldera) kg/h	96267,94139
3138,425		
	VCN (Valor Calórico Neto) kcal/kg	1912,3
	Qp (calor sensible en los gases) kcal/kg bag	350,8972
0,1	Qrecup kcal/kg bag	1336,952709
2675,365	Qn (Calor necesario para obtener 1 kg de vapor)	634,36
417,46	IG (índice de generación) kgv/kg bag	2,108
	VCS (Valor calórico superior) kcal/kg	2382,8
	η_{cal} (Eficiencia total de las calderas) %	56,1084736
3120,841	Vpsm (vapor producido según la molida) kgv/h	116337,3944
2683,5	Vpsm (vapor producido según la molida) t/h	116,3373944
	Bq (bagazo quemado) kg/h	45677,40571
	Bq (bagazo quemado) t/h	45,67740571
0,12	Bs (bagazo sobrante) kg/h	9522,594289
2683,5	η_{cal} (Eficiencia en las calderas) %	69,91333519
	Balance de condensado	
98	Ga (tec) kg/h	137801,4818

410,61	Ga (reposición) kg/h	- 41533,54042
	% H ₂ O (reposición)	- 43,14368814
Balance de calor		
16,99	Q (caldera) kj/h	302129740,9
59,42	Q (caldera) kj/s = Kw	83924,92803
89,8	Q NT kj/h	184166492
64,28	Q NT kj/s = Kw	51157,3589
93,08	Q (Pot) kj/h	30893255,07
2	Q (Pot) kj/s = Kw	8581,459741
	Q (otros) kj/h	18083451,45
	Q (otros) kj/s = Kw	5023,180959
	Q (cond) kj/h	56582666,45
	Q (cond) kj/s = Kw	15717,40735
	Q (Pérd) kj/s = Kw	3445,521086
Pérdidas en %		
	% Pérdidas generales	4,105479941
	% Pérdidas en proceso	60,95609505
	% Pérdidas de potencia	10,22516187
	% Pérdidas de otros	5,985326501
	% Pérdidas en condensados	18,72793664
Eficiencia térmica general %		95,89452006
Agua contaminada		69945,78833
Electricidad Generada kw-h		6251,227596
Electricidad Consumida por el ingenio Kw-h		4906,666667
Electricidad entregada al SEN Kw-h		1344,560929
Tacho # 7		
	P (inic) kg	24635,5
	W (inic) kg	868,12
	P (final) kg	86159
	P (mat) kg	87831,41
	W (mat) kg	27176,03
	G (tacho7) kg/h	15424,28