

Universidad de Matanzas
Sede "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Química



Metodología para el control de la calidad del
proceso de producción de azúcar crudo en la
Empresa Agroindustrial "Jesús Sablón Moreno".

Autor:

Roxana Ly Valdés González

Tutor:

Ing. Dariel Medina Rodríguez

Matanzas, Cuba, 2021

Declaración de Autoridad.

Declaro ser el único autor de este trabajo de diploma que lleva como título:
Metodología para el control de la calidad del proceso de producción de
azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial “Jesús Sablón Moreno”.

Firma

Nota de aceptación

Presidente del tribunal

Miembro

Miembro

Pensamiento:

“El control de la calidad empieza con educación y termina con educación, hay que dar educación a todo el personal, desde el presidente hasta los operarios”.

Kaoru Ishikawa

Agradecimientos

Largo y colmado de esfuerzos ha sido el camino para llegar al final de este sueño. Muchas personas contribuyeron decididamente a que se hiciera realidad, quisiera agradecer a:

- ✓ A mi familia, por apoyarme, estar pendientes de cada detalle y por todo su amor. Sin ella nada hubiera sido posible.
- ✓ A mi Tutor Ing. Dariel Medina Rodríguez, por tender su mano cuando más lo necesitaba y ceder gentilmente su tiempo. Su apoyo y las orientaciones brindadas fueron decisivas en la realización de este trabajo.
- ✓ A todos los profesores del departamento de Ingeniería Química en especial a la profesora Ena de los Ángeles por estar siempre presente.
- ✓ A todos los que de una forma u otra brindaron su colaboración en la realización de este trabajo.
- ✓ A mis compañeros de aula por los años de aula y en especial a Xavier Jiménez Ventosa.

Resumen

El trabajo de investigación se realiza en la Empresa Agroindustrial “Jesús Sablón Moreno” ubicada en la provincia de Matanzas, con el objetivo de obtener una metodología para el control de calidad del proceso de producción de azúcar crudo. Para ello se determinarán las principales variables operacionales y los indicadores de calidad del producto. La metodología propuesta abarca la caracterización estadística que incluye las medidas de tendencia central y de dispersión, la distribución de frecuencia y la prueba de normalidad. Para el control estadístico de la calidad se propone construir cartas de control, así como realizar pruebas de hipótesis, a partir de las normas de calidad establecidas. El paquete estadístico propuesto para realizar los cálculos es el *software STATGRAPHICS Plus* versión 5.0.

Abstract

The research work is carried out in the Agroindustrial Company "Jesús Sablón Moreno" located in the province of Matanzas, with the aim of obtaining a methodology for quality control of the raw sugar production process. For this, the main operational variables and the product quality indicators will be determined. The proposed methodology covers the statistical characterization that includes the measures of central tendency and dispersion, the frequency distribution and the normality test. For statistical quality control, it is proposed to construct control charts, as well as to carry out hypothesis tests, based on the established quality standards. The statistical package proposed to perform the calculations is the STATGRAPHICS Plus version 5.0 software.

Índice

<i>Introducción</i>	1
Capítulo 1: Análisis bibliográfico.....	3
1.1. Calidad. Definiciones e importancia.	3
1.1.1. Control de Calidad.	4
1.1.2. Tipos de calidad.....	5
1.1.3. Importancia de la calidad.....	5
1.2. El control de la calidad en la producción de azúcar.	7
1.2.1. Producción azucarera en Cuba.	8
1.2.2. Normas <i>ISO 9000</i>	10
1.2.3. Normas cubanas para el azúcar de caña.	12
1.3. Herramientas para el control de la calidad.	12
1.3.1. Herramientas básicas.	13
1.3.2. Técnicas complementarias para las herramientas básicas.	21
1.3.3. Software de Control de Calidad.	22
1.3.4. Paquete estadístico <i>STATGRAPHICS</i>	23
Capítulo 2: Materiales y métodos	24
2.1 Descripción del proceso tecnológico.	24
2.1.1 Especificaciones de las variables operacionales e indicadores de calidad. 26	
2.2 Caracterización de las variables. Prueba de normalidad	28
2.3 Cartas de control.....	28
2.4 Pruebas de hipótesis.....	29
2.5 Metodología para el empleo del <i>software STATGRAPHICS</i>	30

<i>Conclusiones</i>	32
<i>Recomendaciones</i>	33
<i>Bibliografía</i>	34
<i>Anexos</i>	37

Introducción

En los últimos años han ocurrido en el mundo importantes transformaciones en el funcionamiento y desarrollo de la economía. El acelerado desarrollo de la ciencia y la técnica y la tendencia a la concentración y especialización de la producción, han aumentado los requisitos exigidos a la organización de la producción, a la vez que acrecientan su importancia para el logro de la elevación de la eficiencia de la producción. En la actualidad todos coinciden en la necesidad de mejorar la calidad de los productos y servicios para poder ser competitivos y permanecer en el mercado.

El comportamiento de la producción mundial de azúcar ha mostrado altibajos de un año a otro, debido a las condiciones climatológicas que afectan o favorecen a los diferentes productores de azúcar y a los cambios en las políticas azucareras impuestas al interior de los mismos (Escobedo, 2003).

Ninguna institución de la sociedad existe por sí y para sí, cada una cumple un objeto social y debe satisfacer necesidades y expectativas preestablecidas y/o latentes, sin lo cual carecería de sentido. Es por ello que la calidad se asume como una necesidad y un reto ineludible en la sociedad contemporánea actual. Para que se dé la mejora continua de la calidad, y con ello de la productividad, es necesario adoptar la calidad como sistema de trabajo y organización.

Las normas cubanas que fijan las especificaciones de calidad del azúcar crudo de caña, así como de los azúcares, amparados por la Resolución de aprobación de la Oficina Nacional de Normalización.

Esta norma fue preparada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN/CTN 49 que preside el Ministerio del Azúcar. La NC 85 sustituye a la versión del año 2013 y fue elaborada teniendo en cuenta los requisitos de calidad exigidos por el mercado internacional azucarero. En esta importante norma para el país hace referencia, a su vez, a un conjunto de documentos normativos vigentes, entre los cuales figuran los que trazan las regulaciones sanitarias para los aditivos alimentarios, para los plaguicidas en alimentos, los principios generales de higiene, los requisitos sanitarios sobre la manipulación de alimentos, la transportación, los contaminantes

metálicos, entre otros (Comunicación Oficina Territorial de Normalización Matanzas, 2018).

Problema: ¿Cómo determinar si el proceso de producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial “Jesús Sablón Moreno” cumple con los parámetros de operación y de calidad?

Hipótesis: Si se analizan diferentes herramientas estadísticas para el control de procesos, se podrá proponer una metodología para el control de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial “Jesús Sablón Moreno”.

El presente trabajo tiene como Objetivo General proponer una metodología para el control de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial “Jesús Sablón Moreno”.

Objetivos específicos:

1. Describir el proceso de producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial “Jesús Sablón Moreno”.
2. Determinar las principales variables que determinan la calidad del proceso de producción.
3. Detallar la metodología para aplicar las herramientas de control estadístico de la calidad

Capítulo 1: Análisis bibliográfico.

En este capítulo se presenta un análisis de los aspectos que se reflejan en la bibliografía especializada sobre el control de la calidad de procesos, así como los métodos y herramientas estadísticas para el análisis de la calidad. Además, se realiza una búsqueda sobre el control de la calidad en industria azucarera en Cuba y en el resto del mundo.

1.1. Calidad. Definiciones e importancia.

El concepto de calidad que forma la mayoría de las personas se relaciona con una o más características deseables que debería poseer un producto o servicio. Aunque esta comprensión conceptual es ciertamente un buen punto de partida, el campo de aplicación es más amplio.

Aunque de manera somera calidad significa calidad del producto, más específico, calidad es calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad de proceso, calidad de la gente, calidad del sistema, calidad de la compañía, calidad de objetivos, etc. (Ishikawa, 1986).

Calidad es traducir las necesidades futuras de los usuarios en características medibles, solo así un producto puede ser diseñado y fabricado para dar satisfacción a un precio que el cliente pagará; la calidad puede estar definida solamente en términos del agente (Deming, 1989).

La calidad es el conjunto de características que satisfacen las necesidades de los clientes, consiste en no tener deficiencias. Es la adecuación para el uso satisfaciendo las necesidades del cliente (Juran, 1990).

La calidad se ha convertido en uno de los factores de decisión más importante de los consumidores para elegir entre productos y servicios que compiten. El fenómeno es generalizado, sin importar si el consumidor es un individuo, una organización industrial, una tienda minorista o un programa de defensa militar. Por consiguiente, entender y mejorar la calidad es un factor clave que lleva al éxito de los negocios, al crecimiento y a una posición competitiva fortalecida. La calidad mejorada y la

utilización exitosa de la calidad como una parte integral de la estrategia de negocios global redundan en un retorno sobre la inversión sustancial (Montgomery, 2005).

Existen varias maneras de evaluar la calidad de un producto. Con frecuencia es de suma importancia distinguir estas diferentes dimensiones de la calidad. A continuación, se muestran los ocho componentes o dimensiones de la calidad (Montgomery, 2005):

1. Desempeño (¿Servirá el producto para el fin proyectado?).
2. Confiabilidad (¿Con qué frecuencia falla el producto?).
3. Durabilidad (¿Cuánto tiempo dura el producto?).
4. Facilidad de servicio (¿Qué tan fácil es reparar el producto?).
5. Estética (¿Cómo luce el producto?).
6. Características incluidas (¿Qué hace el producto?).
7. Calidad percibida (¿Cuál es la reputación de la compañía o de su producto?).
8. Conformidad con los estándares (¿El producto se fabrica exactamente como lo proyectó el diseñador?)

Todo producto posee varios elementos que describen la idea que se forma el usuario o consumidor de la calidad. Es común llamar a estos parámetros características de la calidad. Las características de la calidad pueden ser de varios tipos:

1. Físicas: longitud, voltaje, viscosidad.
2. Sensoriales: sabor, apariencia, color.
3. Orientadas en el tiempo: confiabilidad, durabilidad, facilidad de servicio (Montgomery, 2005).

La ingeniería de calidad es el conjunto de actividades operativas, administrativas y de ingeniería que emplea una compañía a fin de asegurar que las características de la calidad de un producto se encuentran en los niveles nominales o requeridos (Montgomery, 2005).

1.1.1. Control de Calidad.

El control de calidad es el conjunto de técnicas y procedimientos del que se sirve la dirección para la obtención de un producto de la calidad deseada, a su vez es una

inversión que debe producir rendimientos adecuados y en el cual deben estar involucrados todos los miembros de una empresa (Cabezón, 2014).

Se define el Control Estadístico de la Calidad como la aplicación de diferentes técnicas estadísticas a procesos industriales (mano de obra, materias primas, máquinas y medio ambiente), procesos administrativos y/o servicios con objeto de verificar si todas y cada una de las partes del proceso y servicio cumplen con unas ciertas exigencias de calidad y ayudar a cumplirlas, entendiendo por calidad la aptitud del producto y/o servicio para su uso. La aplicación de técnicas estadísticas al control está basada en el estudio y evaluación de la variabilidad existente en cualquier tipo de proceso (Palacios y Gisbert, 2018).

Aplicar el control de calidad implica desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor (Ishikawa, 1986).

1.1.2. Tipos de calidad.

Existen distintos tipos de calidad, como se indica a continuación (Cabezón, 2014):

1. La Calidad de Proyecto de un producto está relacionada con el rigor de las especificaciones para la fabricación del mismo, es decir un componente con una tolerancia $\pm 0,0001$ se considerará de mejor calidad que otro con una tolerancia $\pm 0,01$.
2. La Calidad de Concordancia en el proyecto es el grado en el que un producto manufacturado concuerda con las exigencias del proyecto original.
3. La Calidad de Funcionamiento es la disposición necesaria de un sistema de confirmación que funcione ininterrumpidamente y proporcione información sobre la calidad del producto, como se muestra en la tabla 1.1.

1.1.3. Importancia de la calidad.

La calidad, está estrechamente relacionada con la productividad. Existe una similitud entre el concepto de productividad y el concepto ingenieril de eficiencia.

Solo se puede conseguir un aumento en la productividad, si se produce una mejora en la calidad, es decir, tienen una relación interdependiente.

Un ejemplo claro e ilustrativo de la importancia de aumentar la calidad es la irrupción de Japón como potencia industrial. Entre el periodo de 1966 y 1980, Japón logró un excepcional aumento de su productividad, lo que unido al estancamiento de la de Estados Unidos, supuso que Japón obtuviese una posición competitiva en los mercados de todo el mundo, que incluía desde productos manufacturados de alta tecnología, hasta otros de corte más conservador como son los automóviles, aceros y astilleros. El auge japonés, hizo que Estados Unidos y demás potencias en los mercados internacionales, reconocieran con cierto retraso que el incremento de la productividad y la mejora de la calidad para asegurar la supervivencia en los mercados mundiales cada vez más competitivos. Para combatir el desafío japonés, los norteamericanos se centraron en aprender y adoptar las innovaciones más importantes en materia de dirección y en concentrar los esfuerzos en los objetivos gemelos de aumento de la productividad y la mejora de la calidad (Cabezón, 2014). Controlar la calidad tiene distintas ventajas en dependencia del usuario, como se indica a continuación.

- ✓ Ventajas para las empresas.
 - Los costos serán menores puesto que la producción será más eficiente.
 - Logrará economizar en la producción, ya que sus sistemas estarán más controlados desde el principio hasta el final, y en tiempo, porque se necesitará menos esfuerzo para hacer el trabajo.
 - Podrá mejorar la calidad de sus materias primas y componentes
 - La comercialización de las exportaciones será más fácil porque algunos compradores extranjeros hacen hincapié en su aplicación.
 - Contará con una mayor fidelidad por parte de sus clientes, ya que podrá satisfacer continuamente sus necesidades y no tendrá motivos para buscar otro proveedor.
- ✓ Ventajas para los clientes
 - Recibirán productos o servicios con un nivel de calidad conocido, auditado independientemente.

- Podrán elegir entre diferentes proveedores que compiten entre sí.
- Confiarán más en los productos de la empresa (Egües, 2007).

Tabla 1.1. Funciones de la empresa y sus responsabilidades en el campo de la calidad.

Alta dirección	Control de calidad	Contabilidad	Investigación	Ventas y marketing
Apoyo desde el nivel más alto y estímulos al esfuerzo para lograr calidad.	Garantía de calidad, más promoción, coordinación y control del esfuerzo total para lograr calidad.	Medida de los costos de calidad y del esfuerzo dedicado a lograr la calidad.	Calidad de investigación-proyecto adecuada y análisis de datos experimentales.	Venta de un producto de calidad y suministro de información sobre el funcionamiento sobre el terreno.
Ingeniería del proyecto	Ingeniería de utillaje	Ingeniería de producción	Compras	Fabricación
Proyectar un producto de calidad y cambiar el proyecto para lograr condiciones óptimas de calidad.	Proporcionar herramientas, plantillas y accesorios de calidad.	Proporcionar un proceso para la producción de calidad.	Calidad de concordancia de los productos adquiridos: realimentación de información sobre calidad.	Concordancia de calidad en la fabricación, productos terminados y semiterminados; realimentación de información sobre calidad.

- **Fuente:** (Cabezón, 2014).

1.2. El control de la calidad en la producción de azúcar.

Las industrias azucareras son las encargadas de procesar la materia prima, para la obtención del azúcar; cada día su proceso de producción se hace más complejo,

por lo que se hace necesario realizar mejoras en la calidad del producto, de forma que se minimice el daño al ecosistema (Heijungs, 1992).

El comportamiento de la producción mundial de azúcar ha mostrado altibajos de un año a otro, debido a las condiciones climatológicas que afectan o favorecen a los diferentes productores de azúcar y a los cambios en las políticas azucareras impuestas al interior de los mismos, así los principales países productores de azúcar han conformado una política interna de autosuficiencia, apoyo a productores, subsidios, etc., y en menor medida al comercio exterior. Estas políticas de apoyo han provocado que los países productores, principalmente desarrollados, mantengan un nivel de producción por encima del que habría sido económicamente viable si se hubiesen considerado los precios internacionales. En general, han recurrido a una combinación de precios garantizados y derechos de importación, complementado con otras medidas proteccionistas como cuotas de importación (Escobedo, 2003).

Dentro de los principales cambios que se han observado en la actividad azucarera mundial en las últimas décadas se encuentra la disminución, por parte de los países desarrollados, de su participación en el consumo de azúcar así como su participación en las importaciones totales, lo que ha favorecido la participación de los mismos en las exportaciones, las cuales han aumentado. Por otra parte el azúcar refinado ha incrementado su participación en el comercio internacional (Escobedo, 2003).

1.2.1. Producción azucarera en Cuba.

La caída del campo socialista trajo consigo severas consecuencias para todas las ramas de la economía en general, pero sin lugar a dudas una de la más afectadas fue la industria azucarera al quedarse desprovista hasta del combustible mínimo para la realización de determinadas actividades, sin los recursos necesarios para la reparación y mantenimiento de los equipos, para la preparación de la tierra y los cultivos. Todos estos factores han conllevado a transformaciones sustanciales para este sector económico, y otra vez fue necesario adecuarse a nuevas fuentes de suministro de equipos, repuestos e insumos en general, ahora en condiciones de

un bloqueo recrudescido que de igual forma ha incidido negativamente en el sector azucarero (Sánchez, 2013).

Entre las principales acciones y medidas que se acometen se encuentra la Reestructuración Agrícola, es por ello que se crean las Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) así como las Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA), unidades agrícolas que cuentan con facilidades crediticias, servicios de asistencia técnica, precios adecuados para su caña, etc. que, de manera progresiva, comienzan a redundar en mayores rendimientos y volúmenes de caña entregados a las fábricas (Sánchez, 2013)

La industria azucarera actual cuenta con una tecnología con más de 150 años de explotación en una buena parte de su equipamiento, aunque los arreglos tecnológicos han disminuido de cierto modo las limitaciones de explotación técnicas inherentes al deterioro del equipamiento. Por otra parte, la ingeniería del mantenimiento viene a tratar de garantizar un aprovechamiento de las capacidades en el entorno al 80 % (Velázquez, 2010).

Aunque la obsolescencia tecnológica, el incumplimiento de planes, la no recuperación del duro golpe sufrido en el período especial, entre otras contrariedades, han golpeado duramente la imagen de esa industria, la que por siglos fuera columna vertebral de la economía criolla, no deja de considerarse que es todavía un sector estratégico y prometedor, que requiere, entre otros aspectos, de una especial reanimación y modernización para poder avanzar. No es fortuito que varios lineamientos de la política económica y social del país estén relacionados con este sector, en particular con la necesidad de aumentar de forma gradual la producción de azúcar y derivados, y de su diversificación, con especial énfasis en el aprovechamiento del bagazo y residuos agrícolas cañeros y forestales, creándose condiciones para cogenerar energía en etapa inactiva, teniendo en cuenta además las exigencias del mercado internacional e interno (Silva, 2005).

No obstante, se evidencian modestos logros del sector, entre ellos el crecimiento en la producción de azúcar por tres años consecutivos, a razón de un 12 %, y la mejoría gradual en la calidad del crudo. Por otra parte se encuentra la buena respuesta en el rendimiento agrícola y la disponibilidad de caña, dificultad que por varios años

constituyó la principal limitante de este sector. Entre los discretos avances se encuentran la disminución de los costos de producción, el crecimiento de las producciones de derivados, y que los centrales se autoabastezcan de energía y aporten a la red nacional. Como síntoma del reordenamiento se encuentran además la recuperación de las capacidades de almacenaje de azúcar, miel y alcohol, y el aseguramiento de su logística para la exportación (Sánchez, 2013).

Para el sector resulta prioridad la preservación y rescate de la imagen de los centrales, la activación de los que permanecen paralizados, así como la habilitación de los talleres de maquinado y el aseguramiento de los recursos para el mantenimiento. Especialistas del grupo estatal AzCuba, han hablado sobre la política industrial hasta el 2018, la cual incluye todo el desarrollo de los centrales y el incremento de las capacidades fabriles en aquellos que lo tengan concebido en el programa de acercamiento de las áreas cañeras. En este período, según afirmaron, se acometería la estandarización de los sistemas y equipamiento industrial, y la introducción de tecnologías para asimilar el incremento del tiro directo al basculador, a través del montaje de mesas alimentadoras, viradores de camiones e instalación de doble centros en el batey. La etapa contempla, además, la rehabilitación y modernización del equipamiento tecnológico e introducción de nuevas tecnologías para el incremento de la eficiencia, y la automatización del proceso tecnológico (Sánchez, 2013).

1.2.2. Normas ISO 9000.

ISO, siglas de *International Standards Organization*, Organización Internacional de Normalización, organismo encargado de coordinar y unificar las normas nacionales. En 1926, 22 países se reunieron para fundar una federación internacional de los comités nacionales de normalización, la *ISA (International Standardizing Associations)*. Este organismo fue sustituido en 1947 por la *ISO*, cuya sede está situada en Ginebra. Cada país miembro está representado por uno de sus institutos de normalización, y se compromete a respetar las reglas establecidas por la *ISO* relativas al conjunto de las normas nacionales. Esta institución tiene por tarea desarrollar la normalización con carácter mundial y, a tal efecto, publica normas

internacionales conocidas como “normas *ISO*”, que intentan acercar las normas nacionales de cada Estado miembro. La *ISO* es un organismo consultivo de las Naciones Unidas. Existen una serie de normas *ISO 9 000*, la cual se ha elaborado para asistir a las organizaciones, de todo tipo y tamaño, en la implementación y la operación de sistemas de gestión de la calidad eficaces. A todo este conjunto se le conoce como familia de normas *ISO 9 000* (Cabezón, 2014).

- La norma *ISO 9 000* describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología para los sistemas de gestión de la calidad.
- La norma *ISO 9 001* especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de aplicación y su objetivo de aumentar la satisfacción del cliente.
- La norma *ISO 9 004* proporciona directrices que consideran tanto la eficacia como la eficiencia del sistema de gestión de la calidad. El objetivo de esta norma es la mejora del desempeño de la organización y la satisfacción de sus clientes y de otras partes interesadas.
- La norma *ISO 19 011* proporciona orientación relativa a las auditorías de sistema de gestión de la calidad y de gestión ambiental (Cabezón, 2014).

Todas estas normas juntas forman un conjunto coherente de normas de sistema de gestión de la calidad que facilitan la mutua comprensión en el comercio nacional e internacional. La serie *ISO 9 000* de estándares de administración de la calidad fue desarrollado por el *ISO/TC 176* (Comité técnico ISO 176) reunido en 1979. Estos representan los requerimientos esenciales que cualquier empresa necesita cumplir para asegurar una consistencia en la producción y entrega a tiempo de sus bienes y servicios al mercado. El sistema describe que requerimientos deben ser cumplidos y no el “como” van a ser cumplidos. Estos estándares poco a poco han sido aceptados mundialmente como el comparativo o Benchmark de todos los sistemas de calidad. (Cabezón, 2014)

1.2.3. Normas cubanas para el azúcar de caña.

Las normas cubanas que fijan las especificaciones de calidad del azúcar crudo de caña, así como de los azúcares, amparados por la Resolución de aprobación de la Oficina Nacional de Normalización en 2018 es la siguiente:

- NC 85:2018 Azúcar crudo de caña. Especificaciones. (Sustituye a la NC 85:2013).

Esta norma fue preparada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN/CTN 49 que preside el Ministerio del Azúcar. La NC 85 sustituye a la versión del año 2013 y fue elaborada teniendo en cuenta los requisitos de calidad exigidos por el mercado internacional azucarero, además de lo establecido en la Norma Internacional CODEX STAN 212-1999 (Enmienda-2001) Norma del CODEX para los azúcares. En esta importante norma para el país hace referencia, a su vez, a un conjunto de documentos normativos vigentes, entre los cuales figuran los que trazan las regulaciones sanitarias para los aditivos alimentarios, para los plaguicidas en alimentos, los principios generales de higiene, los requisitos sanitarios sobre la manipulación de alimentos, la transportación, los contaminantes metálicos, entre otros (Comunicación Oficina Territorial de Normalización Matanzas, 2018).

1.3. Herramientas para el control de la calidad.

Cuando se quiere resolver de raíz un problema importante es necesario tener información sobre el mismo que permita identificar cuándo, dónde y bajo qué condiciones se da tal problema, y con qué magnitud; es decir, es necesario encontrar su regularidad estadística y sus fuentes de variabilidad. De igual manera, cuando se va a tomar una decisión o a ejecutar una acción es necesario contar con información que les dé sustento y viabilidad (Gutierrez, 1997).

Desafortunadamente, la práctica de obtener información antes de actuar, corregir o decidir es muy poco socorrida. Los hábitos e inercias imperantes en muchas empresas las llevan a actuar con la experiencia, con corazonadas, intuiciones, tradiciones y con base en el método de prueba y error. Resultado de lo anterior es que las empresas tienen los mismos problemas de siempre y las decisiones se

toman bajo presión. Parte de los nuevos hábitos que exige la calidad total es actuar, decidir y solucionar con base en métodos y estrategias que partan de una información objetiva sobre el problema: antecedentes, frecuencia, localización, etc. Es decir, calidad en la información y objetividad en los análisis. De aquí que el punto de partida para una mayor efectividad de las acciones y decisiones sea contar con información de calidad. Sin embargo, en las organizaciones hay deficiencias en la obtención de información, entre ellos tenemos:

- Se obtienen datos sin ningún propósito claro e importante, así como cuestionarios, registros y reportes sin utilidad alguna.
- Obtención de información para validar decisiones previamente tomadas que solo toman en cuenta la información favorable.
- Es raro que se tenga un plan global de por qué se va a obtener información, cuál es la mejor fuente, cómo, cuándo, quién, dónde, cómo se va a analizar, qué decisiones se pretenden tomar.
- Información poco representativa y sesgada.
- Tabúes y errores sobre el papel de la estadística en la obtención de la información (Gutierrez, 1997).

1.3.1. Herramientas básicas.

A partir de 1950 se comenzaron a aplicar en Japón las herramientas estadísticas de Control de Calidad, desarrolladas anteriormente por Shewhart y Deming. Los progresos, en materia de mejora continua de la calidad, se debieron en gran medida, al uso de estas técnicas. Fue el profesor Kaoru Ishikawa quien extendió su utilización en las industrias manufactureras de su país, en los años 60, acuñando la expresión de siete herramientas para el control de la calidad. Es común en las empresas la falta de una cultura de planeación y análisis para llevar a cabo el control de la calidad, predominando además la administración por reacción, la visión a corto plazo y el atacar todos los problemas sin saber si estos se deben al sistema o a situaciones especiales. Se requiere conocer métodos objetivos que faciliten el proceso de planeación, análisis y toma de decisiones. Las herramientas básicas son

de gran utilidad en todo tipo de empresas y en una gran diversidad de situaciones.

Son útiles para:

- Identificar donde, cómo, cuándo y con qué frecuencia se presentan los problemas.
- Diagnosticar en forma ordenada las situaciones problemáticas mediante métodos universalmente aceptados.
- Facilitar la identificación de las causas de fondo de los problemas.
- Evaluar el impacto de acciones de mejora.
- Detectar con rapidez, oportunidad y a un bajo costo anomalías en los procesos.
- Investigar si ciertos factores tienen alguna relación con alguna situación problemática.
- Ser objetivos en la planeación y toma de decisiones, evitando frases como el “yo siento”, el “yo creo”, “mi experiencia” y el abuso de poder en la toma de decisiones.
- Expresar los hechos en forma de datos.
- Enfocarse en los hechos vitales, en los problemas y causas realmente importantes.
- Analizar lógicamente, sistemática y ordenadamente la búsqueda de mejoras.
- Identificar las fuentes de variabilidad de un proceso, analizar su estabilidad y pronosticar su desempeño.
- Prevenir la recurrencia de un problema y mantener
- Facilitar la comunicación sobre la calidad (Egües, 2007).

Se basa en una serie de herramientas para desarrollar esta tarea, son las llamadas “herramientas de la calidad” y la mayoría se basa en técnicas estadísticas sencillas.

De ellas las más extendidas por su fácil comprensión, manejo y por su utilidad, son las siete herramientas básicas de control de la calidad, que se ofrecen a continuación:

- Hoja de verificación (también llamada “de control” o “de chequeo”).
- Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa - Efecto.
- Diagrama de dispersión.

- Diagramas de Pareto.
- Distribuciones de Frecuencia e Histogramas.
- Gráficos de Control.
- Estratificación (Egües, 2007).

A continuación se describen cada una de estas herramientas:

✓ **Hojas de Verificación.**

Una hoja de verificación (también llamada "de Control" o "de Chequeo") es una herramienta utilizada para la recopilación ordenada y estructurada de toda la información relevante que se genera en los procesos, según determinadas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos. Una vez que se ha establecido el fenómeno que se requiere estudiar e identificadas las categorías que los caracterizan, se registran estas en una hoja, indicando la frecuencia de observación.

Lo esencial de los datos es que el propósito este claro y que los datos reflejen la verdad. Estas hojas de recopilación tienen muchas funciones, pero la principal es hacer fácil la recopilación de datos y realizarla de forma que puedan ser usadas fácilmente y analizarlos automáticamente. Es un impreso con formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos. Esta técnica de recogida de datos se prepara de manera que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro.

Ventajas

- Supone un método que proporciona datos fáciles de comprender y que son obtenidos mediante un proceso simple y eficiente que puede ser aplicado a cualquier área de la organización.
- Las Hojas de Verificación reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.

Utilidades

- En la mejora de la Calidad, se utiliza tanto en el estudio de los síntomas y análisis de datos para probar alguna hipótesis.

- También se usa como punto de partida para la elaboración de otras herramientas, como por ejemplo los Gráficos de Control (<https://www.aiteco.com/hojas-de-comprobacion/>).

✓ **Diagrama de Ishikawa.**

El diagrama de Ishikawa, o diagrama causa - efecto, es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad. Ilustra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efectos) y los factores (causas) que influyen en ese resultado. Permite estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos.

Ventajas.

- Permite que el grupo se concentre en el contenido del problema, no en la historia del problema ni en los distintos intereses personales de los integrantes del equipo.
- Ayuda a determinar las causas principales de un problema, o las causas de las características de calidad, utilizando para ello un enfoque estructurado.
- Estimula la participación de los miembros del grupo de trabajo, permitiendo así aprovechar mejor el conocimiento que cada uno de ellos tiene sobre el proceso.
- Incrementa el grado de conocimiento sobre un proceso.

Utilidades.

- Identificar las causas - raíz, o causas principales, de un problema o efecto.
- Clasificar y relacionar las interacciones entre factores que están afectando al resultado de un proceso.

El diagrama de causa y efecto se debe utilizar cuando se pueda contestar "sí" a una o a las dos preguntas siguientes:

1. ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
2. ¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema?

Con frecuencia, las personas vinculadas de cerca al problema que es objeto de estudio se han formado opiniones sobre cuáles son las causas del problema. Estas opiniones pueden estar en conflicto o fallar al expresar la causa principal. El uso de

un diagrama de causa y efecto hace posible reunir todas estas ideas para su estudio desde diferentes puntos de vista (<https://www.aiteco.com/diagrama-causa-efecto-de-ishikawa/>).

✓ **Diagrama de dispersión.**

Conocido además por Diagrama de Correlación. Gráfico que muestra la existencia o no de una relación entre dos variables. A veces interesa saber si existe algún tipo de relación entre dos variables. Por ejemplo, puede ocurrir que dos variables estén relacionadas de manera que al aumentar el valor de una, se incremente el de la otra.

En este caso hablaríamos de la existencia de una correlación positiva. También podría ocurrir que al producirse una en un sentido, la otra derive en el sentido contrario; por ejemplo, al aumentar el valor de la variable x, se reduzca el de la variable y. Entonces, se estaría ante una correlación negativa. Si los valores de ambas variable se revelan independientes entre sí, se afirmaría que no existe correlación.

Ventajas.

- Se trata de una herramienta especialmente útil para estudiar e identificar las posibles relaciones entre los cambios observados en dos conjuntos diferentes de variables.
- Suministra los datos para confirmar hipótesis acerca de si dos variables están relacionadas.
- Proporciona un medio visual para probar la fuerza de una posible relación (<https://www.aiteco.com/diagrama-de-dispersion/>).

✓ **Diagrama de Pareto.**

El diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales). Es un gráfico de barras organizado de mayor a menor frecuencia, que compara el nivel de importancia de todos los factores que intervienen en un problema o cuestión.

Ventajas

- Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras.
- Su formato altamente visible proporciona un incentivo para luchar por más mejoras.

Utilidades

- Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras presentes pero menos importantes.
- Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- Pueden ser asimismo utilizados tanto para investigar efectos como causas.
- Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores

¿Cuándo se utiliza?

- Al identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Al identificar oportunidades para mejorar
- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ejemplos: por producto, por segmento, del mercado, área geográfica, etc.)
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después)
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías (<https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>).

✓ Histograma.

Un histograma es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos.

Ventajas.

- Su construcción ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores.
- Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución.

Utilidades.

- El Histograma es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos.
- Es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa e inteligible.
- Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo. En este caso, mediante el Histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.
- Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio (<https://www.aiteco.com/histograma/>).

✓ **Gráficos de control.**

Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Permite distinguir entre las causas de variación. Todo proceso tendrá variaciones, pudiendo estas agruparse en:

- Causas aleatorias de variación. Son causas desconocidas y con poca significación, debidas al azar y presentes en todo proceso. Difícil identificación y eliminación.
- Causas específicas (imputables o asignables). Normalmente no deben estar presentes en el proceso. Provocan variaciones significativas. sí pueden ser descubiertas y eliminadas.

Los gráficos de control fueron ideados por Shewhart durante el desarrollo del control estadístico de la calidad. Han tenido una gran difusión y son ampliamente utilizados

en el control de procesos industriales. Sin embargo, con la reformulación del concepto de calidad y su extensión a las empresas de servicios y a las unidades administrativas y auxiliares, se han convertido en métodos de control aplicables a procesos llevados a cabo en estos ámbitos.

Existen diferentes tipos de gráficos de control:

- De datos por variables. Que a su vez pueden ser de media y rango, mediana y rango, y valores medidos individuales.
- De datos por atributos. Del estilo aceptable / inaceptable, sí / no.

Ventajas.

- Permite distinguir entre causas aleatorias y específicas de variación de los procesos, como guía de actuación de la dirección.
- Los gráficos de control son útiles para vigilar la variación de un proceso en el tiempo, probar la efectividad de las acciones de mejora emprendidas, así como para estimar la capacidad del proceso.

Utilidades.

- Ayudan a la mejora de procesos, de forma que se comporten de manera uniforme y previsible para una mayor calidad, menores costes y mayor eficacia.
- Proporcionan un lenguaje común para el análisis del rendimiento del proceso (<https://www.aiteco.com/graficos-de-control/>).

✓ **Estratificación.**

Es un método consistente en clasificar los datos disponibles por grupos con similares características. A cada grupo se le denomina estrato.

Los estratos a definir lo serán en función de la situación particular de que se trate, pudiendo establecerse estratificaciones atendiendo a:

- Personal.
- Materiales.
- Maquinaria y equipo.
- Áreas de gestión.
- Tiempo.
- Entorno.

- Localización geográfica.
- Otros.

Ventajas.

- Es muy completa para la calidad de la empresa.

Utilidades.

- Permite aislar la causa de un problema, identificando el grado de influencia de ciertos factores en el resultado de un proceso.
- La estratificación puede apoyarse y servir de base en distintas herramientas de calidad, si bien el histograma es el modo más habitual de presentarla (<https://www.aiteco.com/estratificacion/>).

1.3.2. Técnicas complementarias para las herramientas básicas.

En la práctica estas herramientas requieren ser complementadas con otras técnicas como son:

- La lluvia de ideas (Brainstorming).
- La Entrevista.
- Diagrama de Flujo.

A continuación se describen dos de estas herramientas:

✓ Diagramas de Flujo.

Una gráfica que puede ser de utilidad en toda situación es un Diagrama de flujo, el cual es un método para describir gráficamente la secuencia de un proceso desde su inicio hasta su final. Está especialmente indicado al inicio de un plan de mejora de procesos, al ayudar a comprender cómo éstos se desenvuelven. Es básico en la gestión de los procesos. Este diagrama ayuda a:

- Visualizar globalmente el proceso.
- Identificar etapas clave o potencialmente problemáticas.
- Localizar actividades de control o puntos de medición.
- Planear y coordinar responsabilidades en diferentes áreas.
- Determinar si el proceso actual se apega a los requerimientos del cliente (de no ser así, el diagrama ayuda a modificarlo y rediseñarlo) (Gutierrez, 1997)

Ventajas.

- Facilita la comprensión del proceso. Al mismo tiempo, promueve el acuerdo, entre los miembros del equipo, sobre la naturaleza y desarrollo del proceso analizado.
- Supone una herramienta fundamental para obtener mejoras mediante el rediseño del proceso, o el diseño de uno alternativo.
- Identifica problemas, oportunidades de mejora y puntos de ruptura del proceso.
- Pone de manifiesto las relaciones proveedor - cliente, sean éstos internos o externos (<https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo/>).

✓ Tormenta de Ideas (Brainstorming)

Brainstorming o tormenta de ideas: Herramienta utilizada por un grupo de personas para aflorar el máximo número de ideas relacionadas con un concepto. Se basa en el respeto de todas las ideas de los participantes con la finalidad de estimular la participación y creatividad de todos los miembros del grupo, es una manera simple de generar múltiples ideas dentro de un equipo de trabajo, con el objeto de identificar las soluciones (o alternativas) a un determinado problema (o tema) (<https://www.aiteco.com/tormenta-de-ideas/>).

1.3.3. Software de Control de Calidad.

Un programa de gestión de calidad es una estructura de trabajo, bien documentada e integrada al proceso de producción para asegurar la satisfacción del cliente. Para que tenga éxito, han de coordinarse una serie de elementos como recursos o documentos, logrando así la calidad de los productos o servicios que ofrece. Con un sistema de gestión de calidad adecuado, los procesos de las empresas se optimizan y siguen unos estándares que aseguran que se cumplen las normas. El objetivo principal siempre es contar con una ventaja competitiva que es un elemento diferencial ante los competidores y busca la satisfacción del cliente (<https://doeet.es/modulos-doeet/control-de-calidad>).

Ventajas de contar con un programa de gestión de calidad

- Administra y controla la documentación de cualquier proceso productivo asegurando que las versiones actualizadas de los documentos están disponibles para los usuarios autorizados.
- Permite controlar el estado de los planes de mejora de la empresa y el impacto generado en su entorno.
- Permite un control de la información y el seguimiento a los compromisos adquiridos por parte de los usuarios implicados.
- Reduce los errores debidos a la fabricación de productos defectuosos (<https://doeet.es/modulos-doeet/control-de-calidad>).

1.3.4. Paquete estadístico *STATGRAPHICS*.

El programa *Statgraphics* es un *software* que está diseñado para facilitar el análisis estadístico de datos. Mediante su aplicación es posible realizar un análisis descriptivo, de una o varias variables, utilizando gráficos que expliquen su distribución o calculando sus medidas características. Entre sus muchas prestaciones, también figuran el cálculo de intervalos de confianza, contrastes de hipótesis, análisis de regresión, análisis de múltiples variantes, así como diversas técnicas aplicadas en control de calidad (Villagarcía, 2018).

Conclusiones parciales del capítulo 1:

1. En los diversos criterios sobre la calidad es común la estrecha relación entre la empresa, lo que ofrece la misma y el cliente.
2. El control de la calidad brinda los métodos, acciones y herramientas necesarias para velar por el cumplimiento de los estándares de calidad.
3. La industria azucarera en Cuba cuenta con una tecnología atrasada, asociado a la difícil situación que ha atravesado el país, lo que conlleva a que sea reto para la misma cumplir con las exigencias del mercado internacional e interno.
4. Mediante el *software* *STATGRAPHICS* se pueden obtener herramientas básicas para el control de la calidad como los histogramas y las cartas de control.

Capítulo 2: Materiales y métodos

A continuación, se describe el proceso objeto de estudio y se definen las variables operacionales fundamentales, así como los indicadores de calidad de del proceso de producción de azúcar crudo en la Empresa Agroindustrial “Jesús Sablón Moreno. También se detallan los métodos estadísticos para el control de la calidad y la metodología para utilizar el *software Statgraphics Plus* versión 5.0.

2.1 Descripción del proceso tecnológico.

El proceso de producción de azúcar crudo se realiza en las etapas siguientes:

1. Preparación de la caña.
2. Extracción.
3. Purificación.
4. Evaporación.
5. Cristalización.
6. Centrifugación.

A continuación se describen cada una de estas de estas etapas, así como la operación en los generadores de vapor.

✓ **Preparación de la caña.**

Es la primera operación que se realiza en la fábrica y tiene como objetivo fundamental romper así su corteza exterior y llegar hasta las celdas donde se encuentra contenida la sacarosa para facilitar su extracción.

✓ **Extracción.**

El objetivo de esta etapa es extraer la mayor cantidad de sacarosa posible. Una vez que la caña ha sido recepcionada en el basculador y sometidas a los equipos de preparación, como cuchillas y niveladores, entra en la estación de molienda. En los molinos, por compresión sucesiva de cuatro juegos de molinos generalmente, se le extrae el jugo al colchón de bagazo. Para incrementar la extracción de sacarosa se adiciona agua de imbibición que permite diluir el jugo que queda en el bagazo. El bagazo húmedo se lleva a los hornos para ser usado como combustible y producir vapor en las calderas.

✓ **Purificación.**

Tiene por objetivo fundamental, alcanzar la mayor separación posible de impurezas presentes en el jugo. El jugo mezclado entra al tanque de alcalizar donde se le añade lechada de cal con el objetivo de obtener un pH básico para evitar la inversión de la sacarosa y proporcionar el calcio necesario para la formación posterior del fosfato tricálcico que ayuda a la sedimentación en el clarificador. Posteriormente el jugo alcalizado se calienta en una batería de calentadores cuyo número varía en función de la molienda. Esto favorece la acción de descontaminación a la vez que disminuye su viscosidad y densidad para que después sedimenten mejor las impurezas. Luego, el jugo alcalizado pasa por el tanque flash donde se liberan las burbujas de los gases ocluidos en el jugo que pudieran afectar la sedimentación posterior. El jugo alcalizado entra al clarificador, donde se separan las impurezas por sedimentación continua. El jugo clarificado se envía a la estación de evaporación. El lodo procedente del clarificador se envía a los filtros rotatorios al vacío con el objetivo de extraer el jugo retenido en los lodos que aún contiene sacarosa. Para llevar a cabo esta operación al jugo alcalizado se añade bagacillo como medio filtrante lo que favorece la operación de filtración. Durante la filtración se añade agua de lavado que también diluye el jugo que queda retenido en la torta de cachaza, para disminuir las pérdidas de sacarosa en el proceso. El jugo de los filtros retorna al tanque de alcalizar.

✓ **Evaporación.**

Esta etapa tiene como objetivo la evaporación del 73 al 75 % del agua presente en el jugo clarificado. Esta operación se lleva a cabo en evaporadores a simple efecto o pre-evaporadores, seguido de evaporadores de múltiple efecto.

✓ **Cristalización.**

La meladura obtenida en la etapa de evaporación pasa a los tachos y equipos auxiliares, de acuerdo con el esquema de operación, donde continúa la evaporación, ahora más lenta, hasta obtener el grano de azúcar cristalizado. A partir de aquí el proceso deja de ser continuo.

✓ Centrifugación.

La masa cocida obtenida en la etapa anterior pasa a la centrifuga, donde se separa el azúcar de la miel.

✓ Generación de vapor.

Como se había explicado el bagazo que sale de los molinos se lleva a los hornos donde se quema como combustible para producir vapor saturado en la caldera a partir de que a la misma se inyecta agua que debe ser libre de contenido de sacarosa, preferentemente agua tratada. El vapor que se produce en las calderas se le conoce como vapor directo el cual se lleva a los equipos primarios, como máquinas de vapor, bombas reciprocantes o turbos generadores de corriente. Una vez que sale el vapor de estos equipos se le conoce como vapor de escape de menor contenido calórico. Que se usa en calentadores y equipos de evaporación y tachos.

El diagrama de proceso de producción de azúcar crudo, así como el esquema de generación de vapor, se muestran en los anexos 1 y 2.

2.1.1 Especificaciones de las variables operacionales e indicadores de calidad.

En la Tabla 2.1 se muestra algunas de las variables del proceso y los indicadores de calidad del azúcar crudo.

Tabla 2.1: Especificaciones de las variables de operación e indicadores de control de calidad.

Etapas	Variable	Valor normado
Preparación de la caña.	Materias extrañas en basculador	< 5.0 %
	pH del jugo	> 5, 2
	Dextrana % Brix	< 0,08 %
	Fermentación espontánea	< 0,40 %
	Capacidad buffer	< 0,03
	Polisacáridos % Brix.	< 0,25 %
	% de goma Hidro alcohólica	< 5,0 %
	% de volumen de tierra	< 5,0 %

Continuación de la **Tabla 2.1** Especificaciones de las variables de operación e indicadores de control de calidad.

Etapa	Variable	Valor normado
Extracción	Pol en bagazo	1,5 - 2,5 °S
	Humedad del bagazo	48,0 a 50,0 %
	Pureza mínima del JM	80,0 %
	Contenido máximo de tierra del JM	5,0 % vol.
	Bagacillo máximo permisible del JM	5,0 g / L
	Brix del JM	15,5 °Brix
	pH del JM	5,5
	Polisacáridos máximo permisible en el JM	150,0 °Brix
	Velocidad de sedimentación mínima	2,5 cm/min
	Tiempo de sedimentación libre máximo	20,0 min.
Purificación	Pureza del JC	80,5 – 81,5 %
	Brix del JC	15,5 °Brix
	pH del JC	36,5 - 7,1
	Pureza del JF	75,5 – 81,5 %
	pH del JF	6,0 – 7.0
	Pol en cachaza	1,0 – 3,0 %
	Humedad de la cachaza	74,0 – 76,0 %
	Cachaza % en caña	3,0 – 6,0 %
Evaporación, cristalización y centrifugación	Brix de la meladura	60 – 68 °Brix
	Pureza de miel final	38 %
	Pol de azúcar	> 99,2 %
	Humedad de azúcar	< 0,8%
	Color de azúcar	< 15
	Tamaño de grano	≥ 60

Continuación de la **Tabla 2.1** Especificaciones de las variables de operación e indicadores de control de calidad.

Etapa	Variable	Valor normado
Evaporación, cristalización y centrifugación	Insoluble en azúcar	< 0,03
	Partículas ferromagnéticas	< 6
JM: Jugo mezclado, JC: Jugo clarificado, JF: Jugo filtrado.		

Fuente: (Colectivo de autores, 1997; Hugot, 1987)

Para determinar estas variables se utiliza los métodos analíticos planteados por Manual de métodos analíticos para azúcar crudo.

2.2 Caracterización de las variables. Prueba de normalidad

Para la caracterización estadística de cada variable se estimará la media aritmética \bar{x} como medida de tendencia central, mientras que las medidas de dispersión son el rango R, la desviación estándar s, la varianza s^2 y el coeficiente de variación cv.

Además, se determina si la distribución de frecuencia observada para la variable se aproxima a una distribución normal, con el fin de poder aplicar los métodos de inferencia estadística basados en la distribución normal (Gutiérrez y de la Vara, 2008).

2.3 Cartas de control

Para realizar el control estadístico del proceso se construyen las cartas de control de rango y media, y ambas deben ser analizadas para poder detectar los cambios en el proceso.

En un proceso pueden incidir causas no asignables o aleatorias que producen variaciones pequeñas. Estas causas son propias del sistema y no son identificables, por lo que no pueden ser reducidas o eliminadas. Por otro lado, también pueden incidir causas asignables, las cuales producen variaciones grandes. Estas son identificables y deben ser eliminadas.

La importancia del gráfico de control radica en su capacidad para detectar causas asignables, las cuales pueden ser identificadas a partir de las situaciones siguientes:

- ✓ Puntos fuera de los límites de control.
- ✓ Dos o más puntos cerca de los límites de control.
- ✓ Series de cinco puntos o más, por encima o debajo de la línea central.
- ✓ Series de cinco puntos o más, con tendencia a salirse de los límites de control.
- ✓ Serie de puntos con comportamiento errático.

En tales casos el proceso está fuera de control, entonces existen causas asignables que inciden sobre el proceso y por tanto se deben tomar acciones por parte de la empresa para corregirlo. Si los puntos se distribuyen aleatoriamente alrededor del valor central y dentro de los límites de control, se puede decir que el proceso se encuentra bajo control estadístico y la variación es debido a causas no asignables o aleatorias (Véliz, 2011).

2.4 Pruebas de hipótesis

Para determinar si las variables del proceso y los indicadores de calidad cumplen con las normas de producción y las especificaciones de calidad respectivamente, se realizan pruebas de hipótesis.

El criterio basado en comparar la significancia observada frente a significancia predefinida es uno de los criterios equivalentes que pueden ser utilizados para la decisión en pruebas de hipótesis. La significancia predefinida se denota como α , y es el riesgo máximo que el experimentador está dispuesto a cometer por rechazar H_0 cuando esta es verdadera, lo que se conoce como error de tipo I. Mientras que la significancia observada o calculada, también conocida como *p-value*, es el área bajo la distribución de referencia estimada a partir del estadístico de prueba, y representa la probabilidad cometer error de tipo I (Gutiérrez y de la Vara, 2008).

Por tanto, la hipótesis nula H_0 se rechaza si la significancia observada es menor que la significancia dada, o sea, si el $p - value < \alpha$.

2.5 Metodología para el empleo del software STATGRAPHICS.

A continuación, se describen los pasos para procesar los datos mediante el paquete estadístico *Statgraphics Plus* versión 5.0.

Caracterización de las variables

La muestra correspondiente a cada variable se ubica en una columna de la hoja de datos del *software*. Posteriormente se sigue la secuencia siguiente:

Describe → *Numeric Data* → *One – Variable Analysis*

En la caja de diálogo se selecciona la variable, y se pincha el botón *Ok*. De esta forma se obtienen los resultados de la caracterización estadística de la variable.

Prueba de normalidad

Para determinar si la distribución de frecuencia de la variable aleatoria se aproxima a una distribución normal, se selecciona, en el menú

Describe → *Distributions* → *Distribution Fittang (Unsensored Data)*

En la caja de diálogo se selecciona la variable a analizar y se pincha el botón *Ok*. En la opción de panel “*Tabular Options*”, se selecciona “*Tests for Normality*”. De esta forma se obtienen los resultados para la prueba *chi – cuadrada* (x^2), el test de Shapiro–Wilks, el coeficiente de *skewness* y el coeficiente de *kurtosis*.

Estas pruebas toman como hipótesis nula que la distribución de frecuencia observada se puede aproximar mediante la curva normal. En cada una de las pruebas planteadas anteriormente se estima un estadístico que permite contrastar la hipótesis nula (Madansky, 1988; Casas, 1998).

Si se cumple que la significancia observada ($p - value$) para el estadístico de prueba, es menor que el nivel de significación α , entonces se rechaza la hipótesis nula y por tanto la distribución de frecuencia observada no se encuentra normalmente distribuida.

Pruebas de hipótesis para las normas

Una vez declara la variable a analizar en la hoja de datos se va al menú “*Describe*” y se selecciona la opción “*Hypotesis Tests*”. En la caja de diálogo de esta opción se selecciona el parámetro a analizar, y se llenan los cuadros de textos correspondientes. Al pinchar el botón *Ok* se obtienen los resultados de la prueba de hipótesis. Para modificar la el nivel de significación (α) y la hipótesis alternativa (H_1) se da clic derecho sobre la ventana y se modifican los cuadros de textos.

Cartas de control de media y rango

Para construir las cartas de control de media y rango se ubican las réplicas de las observaciones en columnas distintas. Luego, en la barra de menús se sigue la secuencia que se indica a continuación:

Special → *Quality control* → *Variables Control Charts* → *x – bar and R charts*

En la caja de dialogo se seleccionan las columnas correspondientes a la variable a analizar y se pincha el botón *Ok*. De esta forma se obtienen las cartas de control de media y rango, así como el análisis estadístico de los resultados.

Conclusiones

1. Se obtiene una metodología para el control de la calidad del proceso de producción de azúcar crudo, a partir de las herramientas estadísticas: cartas de control y pruebas de hipótesis, por lo que se valida la hipótesis planteada.
2. Se determinan las principales variables operacionales y los indicadores de calidad del azúcar crudo, así como las especificaciones establecidas para cada una de estas variables.
3. Se describe de forma detallada el procedimiento para realizar los análisis estadísticos mediante el *software Statgraphics Plus* versión 5.0.

Recomendaciones

Aplicar la metodología para el control de la calidad en la Empresa Agroindustrial “Jesús Sablón Moreno”.

Bibliografía

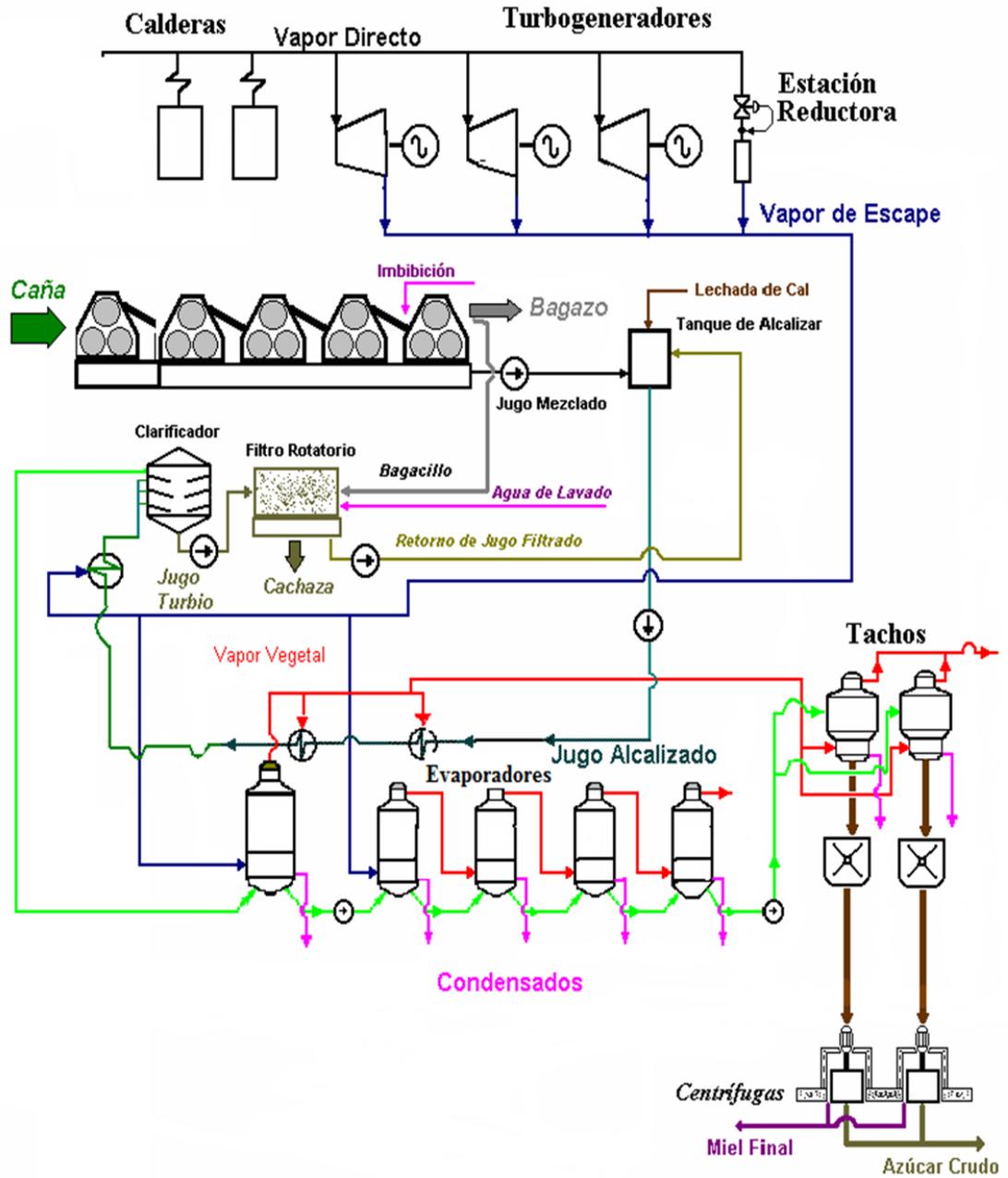
- Cabezón, S. G. (2014). *Control de Calidad en la Producción Industrial*. VALLADOLID.
- Casas, J. S. (1998). *Inferencia estadística para economía y administración de empresas*. Madrid: Centro de estudios Ramón Areces S.A.
- Colectivo de autores. (1997). *Manual de producción de azúcar crudo*.
- Comunicación Oficina Territorial de Normalización Matanzas. (9 de Noviembre de 2018). *Oficina Territorial de Normalización Matanzas*. Obtenido de <http://www.otnmatanzas.cu/nc-852018-azucar-crudo-de-cana/>
- Deming, E. W. (1989). *Calidad, productividad y competitividad a la salida de la crisis*. Madrid: Díaz de Santos.
- División de Gestión de la Calidad de Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras ICINAZ. (2004). *Manual de métodos analíticos para azúcar crudo*. La Habana.
- Egües, Y. G. (2007). *Herramientas de Calidad para el Control de Proceso de Fabricación de Azúcar en la Empresa Azucarera "Ifraín Alfonso"*. Villa Clara.
- Escobedo, B. (2003). *A.C. Azúcar*. Fundación produce de Veracruz.
- Gallart, F. (25 de Octubre de 2016). *Aiteco Consultores de Desarrollo y Gestión*. Obtenido de Hojas de Comprobación, de Control o Verificación: <https://www.aiteco.com/hojas-de-comprobacion/>
- Gallart, F. (25 de Octubre de 2016). *Aiteco Consultores de Desarrollo y Gestión*. Obtenido de Diagrama Causa-Efecto: <https://www.aiteco.com/diagrama-causa-efecto-de-ishikawa/>
- Gallart, F. (25 de Octubre de 2016). *Aiteco Consultores de Desarrollo y Gestión*. Obtenido de Diagrama de Dispersión: <https://www.aiteco.com/diagrama-de-dispersion/>
- Gallart, F. (25 de Octubre de 2016). *Aiteco Consultores de Desarrollo y Gestión*. Obtenido de Diagrama de Pareto: <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>

- Gallart, F. (25 de Octubre de 2016). *Aiteco Consultores de Desarrollo y Gestión*.
Obtenido de Histograma: <https://www.aiteco.com/histograma/>
- Gallart, F. (25 de Octubre de 2016). *Aiteco Consultores de Desarrollo y Gestión*.
Obtenido de Gráficos de Control: <https://www.aiteco.com/graficos-de-control/>
- Gallart, F. (25 de Octubre de 2016). *Aiteco Consultores de Desarrollo y Gestión*.
Obtenido de Estratificación: <https://www.aiteco.com/estratificacion/>
- Gallart, F. (25 de Octubre de 2016). *Aiteco Consultores de Desarrollo y Gestión*.
Obtenido de Diagrama de Flujo: <https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo/>
- Gallart, F. (25 de Octubre de 2016). *Aiteco Consultores de Desarrollo y Gestión*.
Obtenido de Lluvia de ideas: <https://www.aiteco.com/tormenta-de-ideas/>
- Gutiérrez , H. P., y de la Vara, R. S. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*
(Segunda Edición ed.). Bogotá: McGraw - Hill.
- Gutierrez, H. (1997). *Calidad Total y Productividad*. México: Editorial Mexicana.
- Heijungs, R. (1992). *Environmental life cycle assessment of products*. Cuter of
environmental science.
- Hugot, E. (1987). *Manual para ingenieros azucareros*. Compañía Editorial
Continental.
- Ishikawa, K. (1986). *¿Qué es control total de la calidad?* Colombia: Editorial normal.
- Juran, J. (1990). *Juran y La planificacion de la Calidad*. Madrid: Díaz de Santos. S.
A.
- Kros, M. (10 de Mayo de 2019). *Software de Control de Calidad*. Obtenido de
Software de Control de Calidad: <https://doeet.es/modulos-doeet/control-de-calidad>
- Madansky, A. (1988). *Prescriptions for Working Statisticians*. New York: Springer
Verlag.
- Montgomery, D. C. (2005). *Control Estadístico de la Calidad*. Limusa Wiley.
- Palacios, M. L., y Gisbert, V. S. (2018). *Control Estadístico de la Calidad: Una
Aplicación Practica*. Alicante.
- Sánchez, Y. G. (2013). Sembrar más caña y producir más azúcar. *Opciones*,
<http://www.opciones.cu/cuba/2013-11-30/sembrar-mas-cana-y-producir-mas-azucar/>.

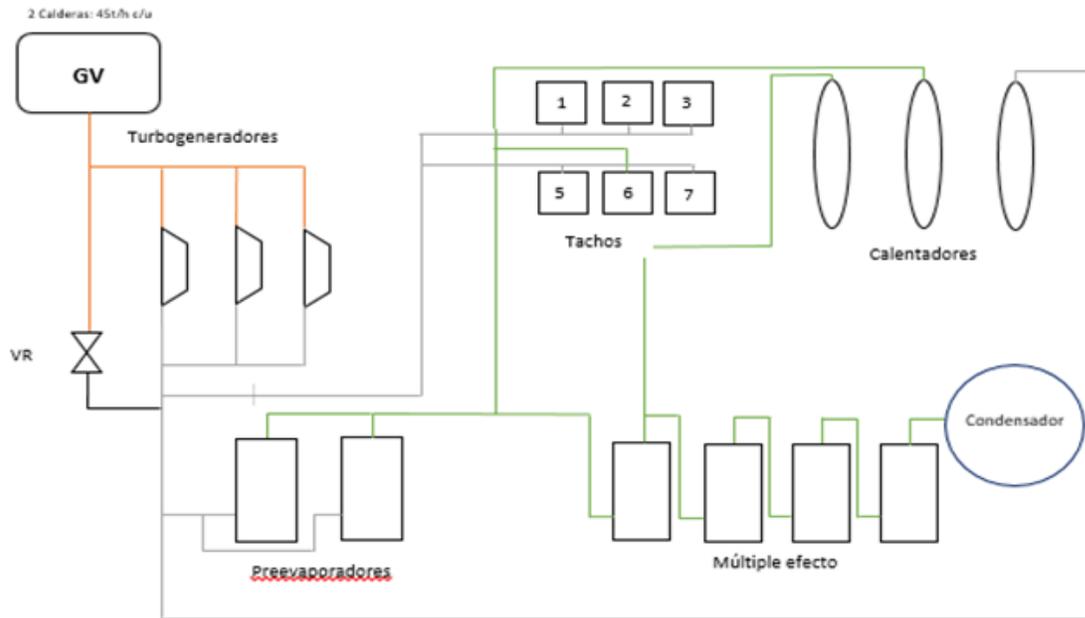
- Silva, F. (2005). *Desarrollo de las pequeñas industrias rurales de la caña de azúcar en Iberoamérica: Melaza*. Editorial Mexicana.
- Velázquez, L. (2010). *Simulación e integración de procesos de fabricación de azúcar, considerando la incertidumbre en los balances de materiales y energía*. UCLV.
- Véliz, C. C. (2011). *Estadística para la administración y los negocios*. Juárez, México: Pearson Educación.
- Villagarcía, T. (2018). *MANUAL DE STATGRAPHICS*. StatPoint Technologies, Inc.

Anexos

Anexo 1: Diagrama de flujo del proceso de producción de azúcar.



Anexo 2: Esquema de uso de vapor



Leyenda:

- Vapor directo
- Vapor por VR
- Vapor de escape
- Vapor vegetal