

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Facultad de Ciencias Empresariales



TRABAJO DE DIPLOMA

TITULO: Herramientas de Calidad para el Control de Proceso de Fabricación de Azúcar en la Empresa Azucarera "Ifraín Alfonso".

AUTOR: Yoandrys Egües González.

TUTOR: Msc. Mirta E. Cuellar de la Cruz.

Curso 2006 – 2007

"Año 49 del Triunfo de la Revolución"

Pensamiento

Pensamiento:

Estamos inaugurando una época en la cual los conocimientos científicos son y serán, cada vez con mayor fuerza, los que determinen nuestro ritmo de desarrollo y nuestra capacidad de quemar etapas en la construcción del socialismo.

Ernesto Che Guevara

Agradecimientos

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 Tutora Mirta E. Cuellar de la Cruz, 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 Rodney no por el diseño de la Portada sino por ser un buen amigo.

- ✓ A Teresa por su oportuna colaboración con las hojas.

- ✓ Al colectivo de trabajadores de la Empresa Azucarera "Ifraín Alfonso" por ayudarme en todo lo que hizo falta.

- ✓ A todos los que de una forma u otra brindaron su colaboración en la realización de este trabajo.

A todos.....Muchas Gracias

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia por ser mi razón de vivir :

- ✓ A mis padres por ser intachables personas y preocuparse de cada detalle en mi formación humana.*
- ✓ A mí hermano por su apoyo incondicional.*
- ✓ A mi esposa e hija por abrir una nueva y bella etapa de mi vida.*

Resumen

Resumen

El presente Trabajo de Diploma se desarrolla en la Empresa Azucarera “Ifraín Alfonso” perteneciente al MINAZ en el municipio Ranchuelo de la provincia Villa Clara con el objetivo de establecer Herramientas de Calidad en su proceso productivo.

Para el logro eficiente de este objetivo primeramente se realiza un análisis bibliográfico del tema, utilizando para ello la literatura actual existente y buscadores de Internet. Como segundo paso se desarrolla el Diagnóstico del Proceso objeto de estudio, para su realización se utilizó como principal herramienta el Diagrama de flujo del proceso y de cada uno de los puntos críticos encontrados.

Empleando la información obtenida en el Diagnóstico, se procede a seleccionar y realizar una validación retrospectiva de las Herramientas de Calidad que se van a implantar en el proceso de producción del azúcar crudo, la Carta de Control de – R, el Histograma, y el Diagrama de Pareto.

Abstract

Abstract

The present Work of Diploma is developed in the Sugar Company "Ifraín Alfonso" belonging to the MINAZ in the municipality Ranchuelo of the county Villa Clara with the objective of establishing Tools of Quality in its productive process.

For the efficient achievement of this objective firstly is carried out a bibliographical analysis of the topic, using for it the existent current literature and searchers of Internet. As second step the diagnosis of the process study object is developed, for its realization it was used as main tool the Diagram of flow of the process and of each one of the opposing critical points.

Using the information obtained in the diagnosis, does you proceed to select and to carry out a retrospective validation of the Tools of Quality that you/they will implant in the process of production of the raw sugar, the Control Letter - R, the Histogram, and the Diagram of Pareto.

Índice

INDICE

INTRODUCCION	1
Capítulo I. Marco Teórico referencial de la Investigación	3
1.1 Calidad. Definiciones.....	4
1.2 La Industria Azucarera. Su Historia.....	6
1.3 Sistema de Gestión de la Calidad (SGC).....	7
1.3.1 Normas ISO 9000.....	9
1.4 Medición , Análisis y Mejora.....	11
1.4.1 Control de los Dispositivos de Seguimiento y Medición.....	11
1.4.2 Control de la Calidad del proceso.....	13
1.4.3 Normas Cubanas para el Azúcar de Caña.....	14
1.4.4 El Control Químico.....	15
1.5 Herramientas de Calidad para el control de proceso.....	16
1.5.1 La Calidad de la Información y la Estadística.....	16
1.5.2 Herramientas Básicas (HB).....	17
1.5.2.1 Hojas de Verificación.....	18
1.5.2.2 Diagrama de Ishikawa.....	20
1.5.2.3 Diagrama de Dispersión.....	21
1.5.2.4 Diagrama de Pareto.....	23
1.5.2.5 Histograma.....	25
1.5.2.6 Gráfico de control.....	26
1.5.2.7 Estratificación.....	28
1.5.3 Técnicas complementarias para las Herramientas Básicas.....	29
1.5.3.1 Diagrama de flujo.....	29
1.5.3.2 Tormenta de Ideas (Brainstorming).....	30
1.6 Conclusiones Parciales.....	32
Capitulo II. Desarrollo del diagnóstico	33
2.1 Caracterización de la Empresa Azucarera “Ifraín Alfonso”.....	34
2.1.1 Localización del desarrollo del trabajo.....	35
2.2 Proceso de Producción.....	36
2.2.1 Identificación del Sistema Tecnológico.....	36
2.2.2 Control de la Calidad en el proceso de Fabricación de Azúcar.....	41
2.3 Esquema de control.....	46
2.3.1 Importancia de la toma de muestra.....	46
2.4 Conclusiones Parciales.....	54
Capítulo III. Selección de las Herramientas de Calidad	55

3.1	Selección de las Herramientas para el proceso de Fabricación de Azúcar Crudo.....	56
3.1.1	Determinación del número de expertos para la Investigación.....	56
3.1.2	Determinación de los datos para cada punto Crítico. Herramientas Recomendadas.....	58
3.2	Gráficos de Control utilizados.....	58
3.3	Diagrama de Pareto.....	60
3.4	Histograma.....	61
3.5	Orientación para el uso adecuado de las Herramientas.....	61
3.5.1	Capacitación necesaria.....	61
3.5.2	Documentación necesaria.....	61
3.6	Validación retrospectiva del uso de las Herramientas.....	63
3.6.1	Gráfico de Control de \bar{x} – R.....	63
3.6.1.2	Gráfico de Rangos para el Brix de Jugo Mezclado.....	63
3.6.1.3	Gráfico de Medias para el Brix de Jugo Mezclado.....	64
3.6.2	Histograma.....	67
3.6.3	Interpretación del Histograma.....	69
3.6.4	Diagrama de Pareto.....	70
3.7	Conclusiones Parciales.....	71
	Conclusiones.....	72
	Recomendaciones.....	73
	Bibliografía.....	74
	Anexos	

Introducción

Introducción

En los últimos años ocurrieron 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, aumentan 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 reconocer la necesidad de mejorar la calidad de los productos y servicios para poder ser competitivos y permanecer en el mercado.

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 de la mejora continua de la calidad, y con ello de la productividad, es necesario adoptar la calidad como sistema de trabajo y organización.

En la economía cubana se vivió por muchos años, una realidad productiva y comercial donde el cambio tecnológico no constituía una preocupación vital para la gran mayoría de las empresas. En la actualidad la economía necesita empresas competitivas e innovadoras. La calidad devino prioridad insoslayable ante el pujante y vigoroso accionar de un mercado altamente competitivo y de un bloque económico que agobia, sin piedad, muchos de nuestros renglones económicos. No obstante, la misma se abre paso como condición primordial del consumidor actual, del productor, del proveedor y de todo aquel que se integra a la cadena productiva o de servicios en todas sus manifestaciones.

La obtención de azúcar es un proceso ampliamente conocido en nuestro país, ya que la industria azucarera ha sido por años sustento fundamental en el desarrollo y crecimiento de la economía nacional. En nuestros días la industria azucarera tiene la meta de lograr una alta calidad del producto final con la reducción del costo de operación el cual es un indicador de la calidad del trabajo en la empresa. Para ello es

necesario aplicar un conjunto de herramientas estadísticas siguiendo un procedimiento sistemático y estandarizado de solución de problemas. Existen 7 Herramientas Básicas que han sido ampliamente utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas en los distintos contextos de una organización.

En la Empresa Azucarera “Ifraín Alfonso” no están establecidas las herramientas de calidad necesarias para analizar el comportamiento del proceso y facilitar la toma de decisiones en el desarrollo de la producción.

Problema científico: La carencia de Herramientas de calidad para el control del proceso de producción en la Empresa Azucarera “Ifraín Alfonso”.

Hipótesis: Si se implantan las Herramientas de calidad para el procesamiento de datos se posibilita el análisis del comportamiento del proceso y se facilita la toma de decisiones.

El presente trabajo tiene como **Objetivo General** establecer las Herramientas de calidad para el control del proceso de producción de Azúcar Crudo de la Empresa Azucarera “Ifraín Alfonso”.

Los **Objetivos Específicos** son:

- ◆ Caracterizar la Empresa Azucarera “Ifraín Alfonso”.
- ◆ Identificar y analizar procesos, puntos críticos de control y datos existentes en producción.
- ◆ Establecer las herramientas de control para el control del proceso de producción y validar el uso de las mismas.
- ◆ Orientar la implantación de las Herramientas para el control del proceso de fabricación de azúcar crudo.

Capítulo I

Capítulo I. Marco Teórico Referencial de la Investigación.

Para una mejor comprensión de la investigación realizada en los capítulos siguientes en el presente se recogen aspectos técnicos necesarios que se utilizaron para llevarla a cabo, teniendo en cuenta para ello el siguiente hilo conductor que facilitará el buen desarrollo del tema en cuestión como se muestra en la **figura 1.1.**

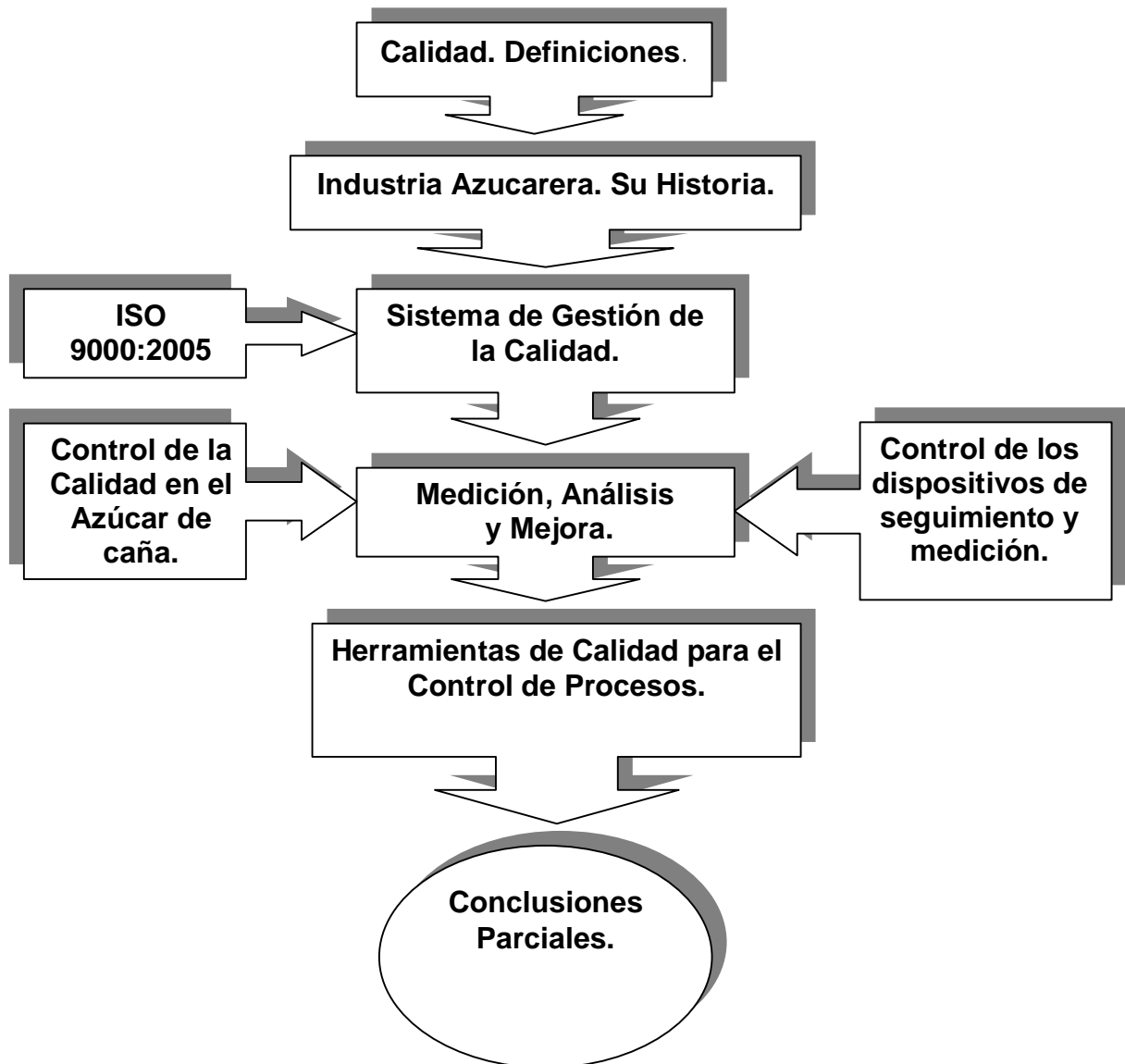


Figura 1.1 Estructura del Marco Teórico.

1.1 Calidad. Definiciones

La calidad es un concepto ampliamente debatido desde el propio surgimiento del hombre, pero no es hasta las primeras décadas del siglo que se comienza a medir y cuantificar a través de características. Es necesario tener claro que esto no es el resultado de la generación espontánea, sino que surgió de un proceso, de una evolución, por lo que paralelo al desarrollo de la producción industrial han ido cambiando las filosofías sobre la calidad hasta alcanzar hoy en día un significativo protagonismo en numerosas esferas económicas y sociales.

Los conceptos más usados hoy en día parten de los aportes de los maestros o gürues de la calidad. Algunos de ellos son los siguientes:

- ◆ Cumplir con los requisitos. El consumidor es la parte más importante de la actividad productiva (Deming, 1982).
- ◆ Adecuación para el uso (Juran, 1983).
- ◆ Ofrecer mejores productos que la competencia, en precio y diseño, mínimo de variación entre sí, resistentes al deterioro y factores externos a su operación (Taguchi, 1999).
- ◆ Grado predecible de uniformidad y confiabilidad a un bajo costo y que se ajuste a las necesidades del mercado (Kloter, 1988).
- ◆ Calidad significa, calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad del proceso, calidad de la división, calidad de las personas incluyendo a los trabajadores, ingenieros, gerentes y ejecutivos, calidad del sistema, calidad de la empresa, calidad de los objetivos. El enfoque básico es controlar la calidad en todas sus manifestaciones (Ishikawa, 1988).
- ◆ Conjunto de características de la producción o de los servicios que determinan su aptitud para satisfacer los requisitos exigidos de acuerdo con el uso o aplicación prevista (Portel, 1988).

Como se puede apreciar la gama de definiciones es amplia y variada aunque todos tienen un fin común: el cliente y su satisfacción. Sin embargo, existen muchos y variados enfoques de cómo debe ser un sistema de calidad. Atendiendo a lo anterior el Organismo Internacional de Normalización (International Standards Organization, ISO),

después de varios años de trabajo de su comité técnico, en 1987 aprobó las normas serie ISO-9000, con el propósito de establecer una racionalización en los diferentes enfoques de sistemas de calidad. Es así que ahora estas normas se han convertido en las prescripciones generales que debe reunir un sistema de calidad en el ámbito internacional, y son exigidas cada vez más a las empresas proveedoras por parte de los diferentes compradores. Estas además plantean los requisitos mínimos que debe reunir un sistema de calidad, por lo que una forma de trabajar en dirección de un sistema de calidad es estructurando un sistema de gestión de la calidad basado en las normas ISO-9000. Se aplican desde pequeñas hasta grandes empresas [Gutiérrez, H. 1997].

Por las ventajas enumeradas anteriormente y su amplio uso utilizaremos el concepto de calidad dado por la norma ISO-9000: 2005 y que dice textualmente:

◆ “Grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”.
Inherentes significa que existe en algo, especialmente como una característica permanente. El segundo término a aclarar es “requisito”, el cual es definido por la misma norma como necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

En términos menos formales podemos decir que la calidad la define el cliente, es el juicio que este tiene sobre un producto o servicio y resulta por lo general en la aprobación o rechazo del producto. Un cliente queda satisfecho si se le ofrece todo lo que él esperaba encontrar y más. Así, la calidad es ante todo satisfacción al cliente.

La satisfacción está ligada a las expectativas que el cliente tiene sobre el producto o servicio, expectativas generadas de acuerdo con las necesidades, los antecedentes, el precio, la publicidad, la tecnología, etcétera. Se dice que hay satisfacción si el cliente percibió del producto o servicio al menos lo que esperaba. Al estar determinada la satisfacción del cliente por aspectos subjetivos como las expectativas y la percepción, la calidad no siempre se puede cuantificar o definir en términos objetivos, por lo que se hace necesario que las empresas estén retroalimentándose en forma constante con la percepción del cliente respecto a su producto o servicio. Una empresa tendrá más

clientes en el futuro si los actuales están satisfechos. El mejorar la calidad, obligadamente, debe ser un viaje sin retorno.

En el **Anexo 1** se muestra la evolución histórica del concepto de Calidad

1.2 La Industria Azucarera. Su Historia

La caña de azúcar es considerada uno de los cultivos más antiguos de la Humanidad, se tiene información de su existencia como planta en la China desde unos 6000 a.n.e. Su empleo en la alimentación humana se remonta también a unos 3000 a.n.e en la India, de donde se plantea que el ejército de Alejandro Magno la obtuvo para llevarla hacia Europa unos 325 a.n.e.

Es Cristóbal Colón quién la trae y disemina por el Nuevo Mundo en su segundo viaje y se comienza a industrializar a mediados del siglo XVI para posteriormente convertirse en los países donde se introdujo en principal fuente de ingresos agrícolas.

El primer producto industrializado que se obtuvo de la caña fue un tipo de azúcar artesana de características muy similares en todos los países en los que obtuvo diferentes nombres, en Cuba se le denominó Raspadura. Es un producto integral y se conserva intacto por largo período de tiempo.

En el siglo XVIII se produjeron los primeros trapiches y en el XIX con la Revolución Industrial se promovió el rápido cambio y crecimiento de esta industria hasta asimilar la máquina de vapor y los equipos de evaporación a múltiple efecto a partir de los descubrimientos del norteamericano Norbert Riellieux.

La industria permanece sin muchos cambios apreciables hasta que los problemas energéticos y la presencia de diferentes tipos de edulcorantes, naturales o sintéticos en el mercado, le obligan a su reordenamiento en busca de soluciones que promuevan la reducción de los costos de producción, básicamente a partir de la elevación del rendimiento agrícola y la eficiencia industrial, elementos tradicionales de la industria, así como la generación de excedentes de bagazo y electricidad para la venta a la red pública, como nuevos elementos que de alguna forma modificaron mucho los esquemas de proceso.

Se define como azúcar crudo, al obtenido directamente a partir del jugo de la caña sin aplicar procedimientos o aditivos especiales para su blanqueo.

La obtención de azúcar es un proceso ampliamente conocido en nuestro país, pues por muchos años fue soporte fundamental de nuestra economía. La historia de esta industria está indisolublemente ligada a la historia de nuestra nación.

La necesidad de satisfacer la demanda de un mercado cada vez más exigente, ya no solo en cuanto a la calidad, sino también en la uniformidad de la producción que se comercializa, ha llevado a los productores de caña y de azúcar de caña a la asimilación de nuevas tecnologías y sistemas de control que garanticen con eficiencia la calidad de los azúcares producidos. En este sentido no se puede obviar la notoria influencia que está teniendo también en el mundo azucarero la implementación de los patrones de calidad ISO 9000.

1.3 Sistema de Gestión de la Calidad (SGC)

Por definición la palabra gestión es la utilización de los recursos que se poseen para alcanzar un determinado objetivo en un entorno cambiante que plantea de manera permanente problemas a los que es preciso dar respuesta.

Teniendo en cuenta lo anterior la ISO 9000:2005 define la gestión de la calidad como las actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad. Incluye política de calidad, objetivos, planificación de la calidad, el control y el aseguramiento de la calidad y la mejora de esta.

La gestión de la calidad es un conjunto de actividades de la función general de dirección que determinan la política de calidad, los objetivos y las responsabilidades. La adopción de un sistema de gestión de la calidad surge por una decisión estratégica de la alta dirección por intenciones de mejorar su desempeño.

Para la gestión existen tres planos:

- 1. Estratégico:** Define el rumbo de la organización, adopta decisiones que permiten hoy y mañana avanzar hacia objetivos planteados y da seguimiento a la marcha de los acontecimientos apoyándose en el control y la mejora.
- 2. Operativo:** Traduce los objetivos estratégicos a corto plazo, pone en acción los recursos necesarios para alcanzarlo y controla su consecución.
- 3. Metodológicos:** Manejo del conjunto de técnicas, métodos y herramientas que requiere la gestión.

Algunas de las ventajas que se obtienen con el desarrollo e implantación de un sistema de Gestión de la Calidad son:

Para la empresa:

- ◆ 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.
- ◆ Logrará un tratamiento preferencial por parte de los clientes potenciales que tienen sistemas de certificación ISO 9000, lo que significa un aumento en el volumen de negocios.
- ◆ 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.
- ◆ Podrá mencionar el sistema ISO 9000 en su publicidad para aumentar las ventas.

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.

1.3.1 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 [Biblioteca de Consulta Encarta 2005].

Existen una serie de normas ISO 9000, 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 9000 como se muestra en la figura 1.2

La familia ISO 9000 del 2000



Figura 1.2 La familia de normas ISO 9000.

- ◆ La norma ISO 9000 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 9001 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 9004 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 19011 proporciona orientación relativa a las auditorías de sistema de gestión de la calidad y de gestión ambiental.

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 9000 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.

Principios de gestión de la calidad

Para dirigir y operar una organización con éxito es necesario gestionarla de manera sistemática y visible. La orientación para la dirección presentada en esta norma internacional se basa en ocho principios de gestión de la calidad.

Estos principios se han desarrollado con la intención de que la alta dirección pueda utilizarlos para liderar la organización hacia la mejora del desempeño.

- a) **Enfoque al cliente:** Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.

- b) Liderazgo:** Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.
- c) Participación del personal:** El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.
- d) Enfoque basado en procesos:** Un resultado deseado se alcanzará más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.
- e) Enfoque de sistema para la gestión:** Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.
- f) Mejora continua:** La mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de esta.
- g) Enfoque basado en hechos para la toma de decisión:** Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.
- h) Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor:** Una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

El uso exitoso de los ocho principios de gestión por una organización resultará en beneficios para las partes interesadas, tales como mejora en la rentabilidad, la creación de valor y el incremento de la estabilidad.

1.4 Medición, análisis y mejora.

1.4.1 Control de los dispositivos de seguimiento y medición.

Como puede observarse dentro de los principios de la gestión se encuentra la mejora continua por lo que la organización debe planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios para:

- a) demostrar la conformidad del producto.

- b) asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de la calidad, y
- c) mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

Esto debe comprender la determinación de los métodos aplicables, incluyendo las técnicas estadísticas, y el alcance de su utilización. Pero para un proceso exitoso de medición, análisis y mejora es imprescindible tener en cuenta el control de los dispositivos de medición y control.

La dirección debería definir e implementar procesos de seguimiento y medición eficaces y eficientes, incluyendo métodos y dispositivos para la verificación y validación de los productos y procesos para asegurarse de la satisfacción del cliente y de las otras partes interesadas. Estos procesos incluyen encuestas, simulaciones y otras actividades de seguimiento y medición.

Con el fin de proporcionar confianza en los datos, los procesos de seguimiento y medición deberían incluir la confirmación de que los dispositivos son aptos para utilizarse y que se mantienen con una precisión adecuada de acuerdo a normas aceptadas, así como un medio para identificar el estado de los mismos.

La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar, y los dispositivos de medición y seguimiento necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados.

La organización debe establecer procesos para asegurarse de que el seguimiento y medición pueden realizarse y se realicen de una manera coherente con los requisitos de seguimiento y medición.

Cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el equipo de medición debe:

- a) calibrarse o verificarse a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables a patrones de medición nacionales o internacionales; cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación;
- b) ajustarse o reajustarse según sea necesario;

- c) identificarse para poder determinar el estado de calibración;
- d) protegerse contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición;
- e) protegerse contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.

Además, la organización debe evaluar y registrar la validez de los resultados de las mediciones anteriores cuando se detecte que el equipo no está conforme con los requisitos. La organización debe tomar las acciones apropiadas sobre el equipo y sobre cualquier producto afectado. Deben mantenerse registros de los resultados de la calibración y la verificación.

Debe confirmarse la capacidad de los programas informáticos para satisfacer su aplicación prevista cuando estos se utilicen en las actividades de seguimiento y medición de los requisitos especificados. Esto debe llevarse a cabo antes de iniciar su utilización y confirmarse de nuevo cuando sea necesario.

1.4.2 Control de la calidad del proceso

El control de la calidad del proceso utiliza la inspección del producto o servicio mientras se está produciendo. Se toman los muestreos periódicos de la salida de un proceso de producción. Cuando, después de la inspección de la muestra, hay razones para creer que las características de calidad del proceso han cambiado, el proceso se detiene y se realiza una búsqueda para identificar la causa posible.

El control del proceso se basa en dos suposiciones claves, una de las cuales es que la variabilidad es básica para cualquier proceso de producción. No importa qué tan perfectamente esté diseñado un proceso, existirá cierta variabilidad en las características de calidad de una unidad a otra. El objetivo del control del proceso es encontrar el rango de variación natural del proceso y entonces asegurar que la producción permanezca dentro de este rango.

El segundo principio del control del proceso es que los procesos de producción usualmente no se encuentran en un estado de control. Debido a procedimientos

indeterminados, operadores no capacitados, mantenimiento no apropiado de la máquina, etc., la variación que se produce generalmente es mucho mayor de la necesaria. El primer trabajo de los encargados del control del proceso es buscar estas fuentes de variación innecesaria y traer el proceso bajo el control estadístico, donde las variaciones restantes se deben a causas aleatorias.

Un proceso se puede traer a un estado de control y se puede mantener en esta condición mediante el uso de gráficas de control de calidad (también llamadas gráficas de proceso o gráficas de control) [Administración de operaciones]

1.4.3 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 blancos, amparados por la Resolución de aprobación de la Oficina Nacional de Normalización No. 27/2006 del 28 de febrero de 2006 son las siguientes:

- ◆ NC 85:2006 Azúcar crudo de caña – Especificaciones. (Sustituye a la NC 85:2000).
- ◆ NC 377:2006 Azúcares blancos – Especificaciones (Sustituye a la NC 377:2005).

Estas normas fueron preparadas 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 2000 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 se 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.

Por su parte la NC 377 sustituye a la versión del año 1999 y también toma en cuenta los requisitos de calidad exigidos por el mercado internacional y la referida Norma Internacional de la Comisión del Codex Alimentarius. Esta norma considera como

azúcares blancos los definidos como azúcar refino, refino directo y blanco directo [Revista Normalización. 2006]

1.4.4 El control químico

Para cualquier proceso de producción el control químico es fundamental, pues con ello se cumple el objetivo de controlar el comportamiento de sus parámetros básicos para los análisis de los diferentes problemas que ocurren durante el desarrollo de la zafra y corregirlos con acciones inmediatas. No se concibe proceso alguno sin la existencia de un sistema de control químico.

La tendencia en los últimos años ha apuntado la necesidad de fortalecer el trabajo de control e integrarlo a un sistema interactivo de acción rápida para corregir los problemas que cotidianamente ocurren en la producción, evitando así que la calidad del producto final se afecte.

El control químico en un ingenio (puede llamarse indistintamente de esta manera o central azucarero) tiene que lograr los siguientes objetivos:

1. Asegurar la base estadística informativa con la confiabilidad requerida sobre los parámetros que se llevan al esquema de control, para coadyuvar al proceso de toma de decisiones para mantener bajo control la producción y evitar con ello grandes pérdidas en azúcar.
2. Proporcionar cifras que indiquen la magnitud de las pérdidas que ocurren en la fábrica y establecer conjuntamente con los tecnólogos los mecanismos que le permitan localizar y erradicar las mismas.
3. Acumular datos que permitan que el trabajo de la fábrica durante un período sea comparable con el de otros períodos y con el de otras fábricas e incluso puedan ponderarse provincial y nacionalmente.

1.5 Herramientas de calidad para el Control de Procesos.

1.5.1 La calidad de la información y la estadística.

Cuando se quiere resolver de raíz un problema importante es necesario tener información sobre el mismo que permita identificar cuando, 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.

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:

- ◆ “Datitis”. Se obtienen datos sin ningún propósito claro e importante. Resultados: datos, cuestionarios, registros y reportes en espera de que tengan alguna utilidad. Síntoma: actividades cuyo logro más importante es tener una terapia ocupacional.
- ◆ Obtención de información para validar decisiones previamente tomadas. Solo tomar 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 [Gutiérrez, H. 1997].

1.5.2 Herramientas Básicas (HB).

En la década de los 50 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 **7 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 HB son un conjunto de técnicas de planeación y análisis que, utilizadas adecuadamente, permiten resolver, según Ishikawa, el 95% de los problemas en la empresa. Las HB son de gran utilidad en todo tipo de empresas y en una gran diversidad de situaciones. Son útiles para:

- ◆ Identificar donde, cómo, cuando 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 lógica, 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 el efecto de las mejoras.
- ◆ Facilitar la comunicación sobre la calidad.

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.

1.5.2.1 Hojas de verificación.

Una **Hoja de Verificación** (también llamada "de Control" o "de Chequeo") 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 [http://www.aiteco.com/hhvv.htm]

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 de un problema, como en la investigación de las causas o en la recogida 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.

Observador: F. Olayo, Computadores No. 148						Fecha: 10 de junio		
Número de Observaciones: 95						Total	Porcentaje	
Computadora en uso		✓	✓	✓	✓	✓	60	63.2
Computadora inactiva	En reparación	✓					5	5.3
	Sin trabajo	✓	✓	✓			12	12.6
	Operación incorrecta	✓	✓				10	10.5
	Falla del sistema	✓	✓	✓			13	13.7

Figura 1.3 Hoja de verificación.

1.5.2.2 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. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos [<http://www.aiteco.com/Ishikawa.htm>]

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 principales. El uso de un Diagrama de Causa y Efecto hace posible reunir todas estas ideas para su estudio desde diferentes puntos de vista.

Procedimiento de elaboración de un Diagrama de Ishikawa:

- ◆ Escoja Problema de calidad
- ◆ Trace la espina dorsal
- ◆ Escriba las causas primarias
- ◆ Escriba las causas secundarias
- ◆ Escriba las causas terciarias
- ◆ Asigne ponderaciones

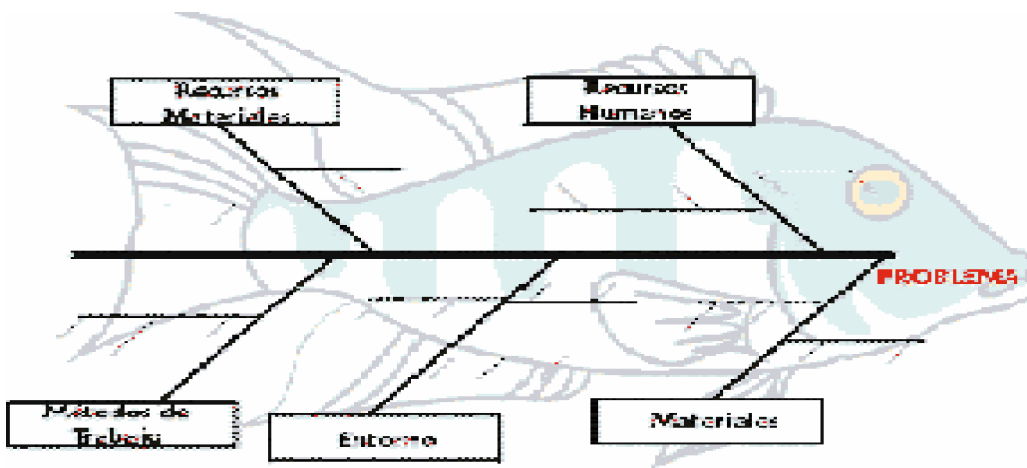


Figura 1.4 Diagrama de Ishikawa.

1.5.2.3 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 variables se revelan independientes entre sí, se afirmaría que no existe correlación. [<http://www.aiteco.com/dispersa.htm>]

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.

Pasos para la construcción de un Diagrama de Dispersión:

- ◆ Obtención de datos. Siempre que sea posible se recomienda obtener más de 30 parejas de valores.
- ◆ Trazar los ejes horizontal y vertical del gráfico. Habitualmente se representan los valores que corresponden a la causa en el eje horizontal y los que corresponden al efecto en el eje vertical.
- ◆ Construir escalas. Los ejes deben ser tan largos como sea posible, pero de longitud similar. Las escalas deben comenzar con el valor mínimo y terminar con el valor máximo.
- ◆ Graficar los datos.
- ◆ Documentar el diagrama [Gutierrez, H. 1997].

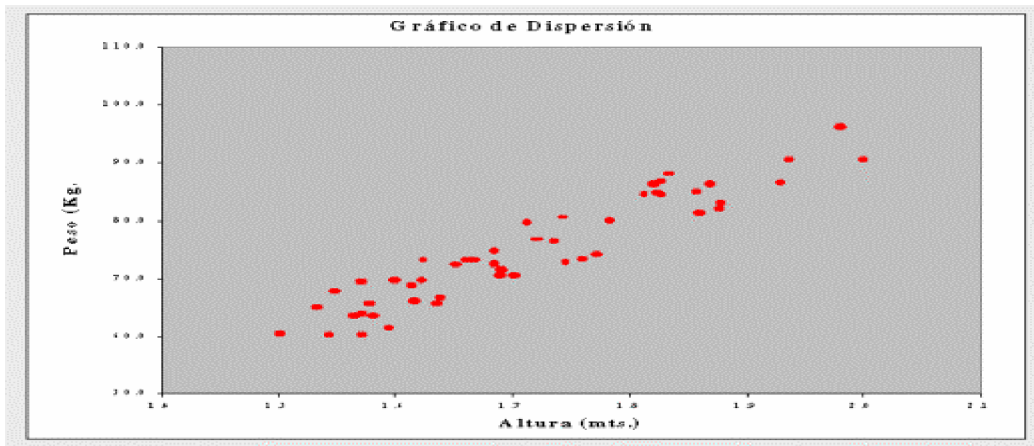


Figura 1.5 Diagrama de dispersión

1.5.2.4 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. [<http://www.aiteco.com/pareto.htm>]

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 seguir luchando 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 problema o causas de una forma sistemática.
- ◆ Al identificar oportunidades para mejorar
- ◆ Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ej: 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.

Procedimientos para elaborar el diagrama de Pareto:

- ◆ Decidir el problema a analizar.
- ◆ Diseñar una tabla para conteo o verificación de datos, en el que se registren los totales.
- ◆ Recoger los datos y efectuar el cálculo de totales.
- ◆ Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de ítems, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.
- ◆ Jerarquizar los ítems por orden de cantidad llenando la tabla respectiva.
- ◆ Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal.

- ◆ Construya un gráfico de barras en base a las cantidades y porcentajes de cada ítem.
- ◆ Escribir cualquier información necesaria sobre el diagrama.

- ◆ Dibuje la curva acumulada. Para lo cual se marcan los valores acumulados en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada ítem, y finalmente una los puntos con una línea continua.

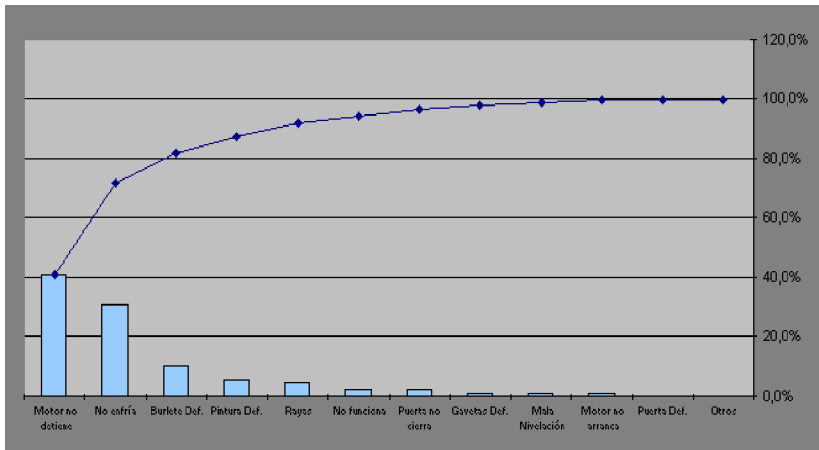


Figura 1.6 Diagrama de Pareto.

1.5.2.5 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. [<http://www.aiteco.com/histogra.htm>]

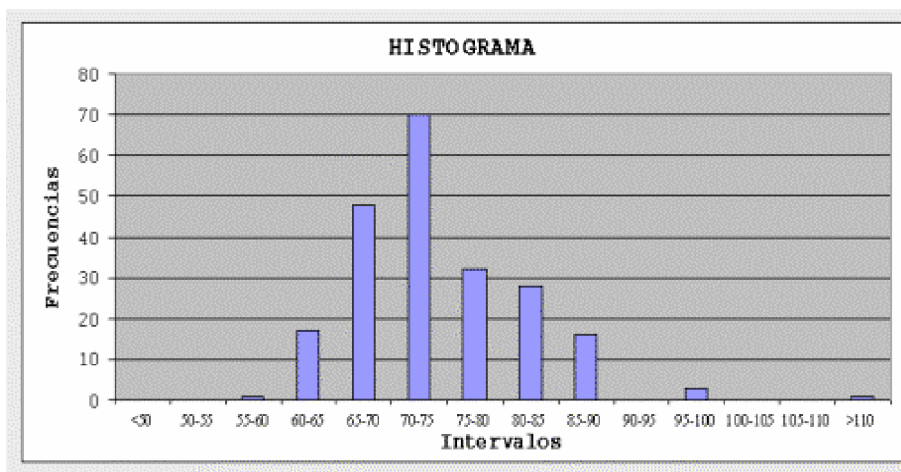


Figura 1.7 Histograma.

1.5.2.6 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 siendo 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.
[<http://www.aiteco.com/grafcont.htm>]

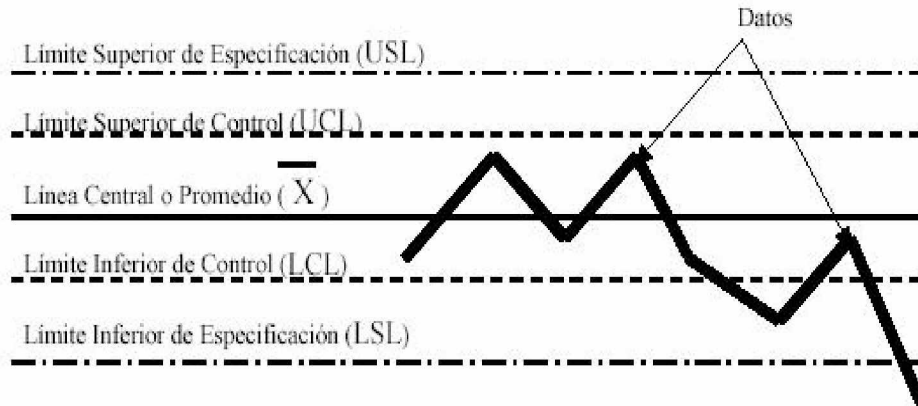


Figura 1.8 Gráfico de control.

1.5.2.7 Estratificación.

Es un método consistente en clasificar los datos disponibles por grupos con similares características. A cada grupo se le denomina estrato [<http://www.aiteco.com/estratif.htm>]

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.

1.5.3 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.

1.5.3.1 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). [Gutiérrez, H. 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. [<http://www.aiteco.com/dflujo.htm>]

Símbolos para el diagrama de flujo



Símbolo utilizado para marcar el comienzo o el fin de un proceso



Líneas de flujo, que indican el camino que une los elementos del diagrama



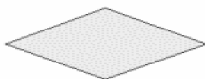
Símbolo de documento



Símbolo de operación, dentro del cual se hace una breve descripción de la misma



Símbolo de operación manual



Símbolo de decisión, a partir del cual el proceso se bifurca en dos caminos

1.5.3.2 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). [<http://www.aiteco.com/tormenta.htm>]

Una sesión de tormenta de ideas se hace siguiendo los siguientes pasos:

- ◆ Se acuerda el objeto de la reunión de tormenta de ideas y se pone a la vista de todos los participantes
- ◆ El líder o facilitador de la reunión pide que se expresen todas las ideas posibles relacionadas con el tema.
- ◆ Cada idea es anotada sin ser analizada, discutida o criticada;
- ◆ Sigue el proceso hasta agotar las posibles ideas.
- ◆ A continuación se revisa la lista total de ideas de modo de asegurar su comprensión por todo el equipo, para luego ser reducidas y resumidas en grupos afines (mediante el diagrama de afinidad) y proceder luego a la selección final.

La misma herramienta puede lograrse con una metodología más estructurada. Es decir, se hace una primera ronda de generación de ideas, exponiendo los participantes uno a uno por orden de ubicación su idea. Una vez completada la vuelta, se reinicia el proceso y así sucesivamente hasta completar las posibles ideas resultantes.

1.6 Conclusiones Parciales.

- ◆ Por la validez internacional que posee el concepto de Calidad establecido por la ISO 9000 es aplicable a la fabricación de Azúcar.
- ◆ Existe una variedad de Herramientas de Calidad que pueden ser aplicadas al proceso de Producción de Azúcar de Caña, posibilitando el análisis y toma de decisiones.
- ◆ La industria Azucarera cuenta hoy con normas actualizadas que establecen las especificaciones para el azúcar crudo y azúcares blancos.

Capítulo II

Capítulo II. Desarrollo del diagnóstico.

El presente capítulo está dedicado al desarrollo del diagnóstico el cual es imprescindible para obtener la información necesaria acerca del proceso de producción del azúcar crudo y en base a ello y utilizando la documentación acreditada al respecto se define el tipo de Herramienta de Calidad que se va a usar en los diferentes Puntos críticos del proceso de producción.

El diagnóstico se ha estructurado como se muestra en la **figura 2.1**.

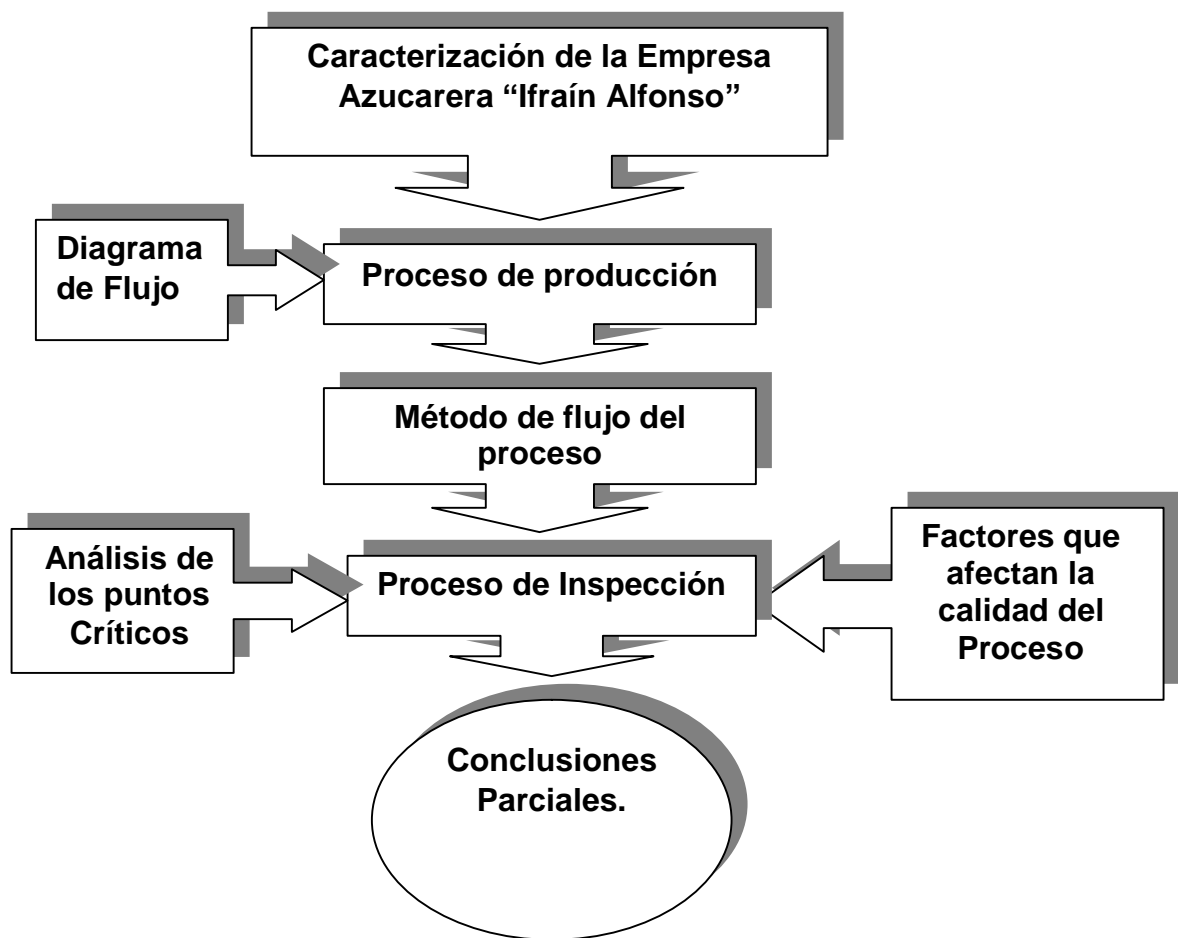


Figura 2.1 Estructura del Capítulo II.

2.1 Caracterización de la Empresa Azucarera “Ifrain Alfonso”

El central “Ifrain Alfonso” fue fundado en Septiembre del año 1846, por la familia Cacicedo-Torriente, de origen española con el nombre de “Santa María”, los mismos fueron sus dueños hasta el triunfo de la revolución.

Desde los primeros años del siglo su molienda alcanzaba las 64 000 @/d de caña diaria y las zafras duraban hasta seis meses, durante cuatro meses se paralizaban las actividades para todo el personal y solo en dos meses se realizaban las reparaciones con un número reducido de personal.

Las condiciones de vida desde su fundación y hasta las conquistas obreras de la década de 1950 fueron pésimas, sus antiguos dueños utilizaron como sistema el uso de mano de obra española, contando con salarios muy bajos, albergamiento pésimo y jornadas de trabajo invariablemente de doce horas.

Comenzó en 1959, con el triunfo de la Revolución una nueva etapa tanto económica como político social tomando el nombre de “Ifrain Alfonso Liriano”

- ◆ Es una Empresa Azucarera perteneciente al MINAZ.
- ◆ Presenta un surtido de producto a la economía nacional tanto de mieles, azúcar de consumo y para la exportación (cruda), bagazo, cachaza y tiene una capacidad de producción de 300 000 @/d (3450 ton).

La **Misión** de la empresa es hacer un uso eficiente y racional del fondo de tierra que dispone, acorde a los programas productivos aprobados, explotando de forma correcta las tecnologías, el capital financiero y los hombres que dirige, alcanzando producciones que satisfacen las necesidades y las demandas del país, la población y los trabajadores, garantizando la protección del medio ambiente y los recursos.

La **Visión** es alcanzar una producción de 395689.82 tn de caña, con un rendimiento de 46 tn/ha en un área de 8601.95 ha, y lograr el potencial agropecuario de la Entidad, con efectividad económica.

Los **Objetivos Estratégicos (2007-2010)** de la Empresa son:

1. Producir 395689.82 tn de caña con un rendimiento de 46 t/ha.
2. Lograr la realización de una Zafra eficiente.
3. Lograr niveles de eficiencia que nos permita la rentabilidad de la UPC.
4. Incrementar la producción agropecuaria que permita satisfacer las necesidades de la UPC, así como el consumo de la población y posibilite ingresos adicionales.
5. Realizar un proceso de capacitación integral y sistemático
6. Desatar la batalla contra el delito y la corrupción.
7. Mantener la certificación del control interno.
8. Lograr la implantación del perfeccionamiento empresarial
9. Lograr el cumplimiento del Programa Energético previsto.

La cartera de productos que ofrece para la comercialización está integrada por los siguientes productos y servicios:

- Azúcar Crudo de alta calidad.
- Mieles Finales.
- Energía Eléctrica.
- Otros Derivados (Cachaza, Bagazo).
- Producciones Agropecuarias.
- Servicios a la Maquinaria Agrícola Cañera:
- Caña de semillas Certificadas.
- Turismo Azucarero.

2.1.1 Localización del desarrollo del trabajo

En el **Anexo 2** se muestra el organigrama de la Empresa Azucarera “Ifraín Alfonso”, El área que se sombrea identifica el área donde se desarrolla esta investigación.

2.2 Proceso de Producción

2.2.1 Identificación del sistema tecnológico:

Este es caracterizado por una serie de transformaciones físico – químicas que sufre la caña en el proceso de producción (ver **Anexo 3** y **figura 2.2**) que sigue las siguientes operaciones en cada área de forma particular.

Molienda (Transformación física): Es el proceso donde por compresión de la caña ocurre la obtención del jugo mezclado y la separación de la fibra en forma de bagazo. Es una operación de **extracción** y se clasifica como física.

Extracción del Jugo: La extracción de jugo se lleva a cabo en la planta moledora. Para ello se realiza la preparación de la materia prima combinado con la imbibición compuesta y la presión que se aplica a cada molino.

El tandem esta integrado por un molino desmenuzador y cuatro molinos.

En la planta moledora se produce el fenómeno de la extracción de pol, por la aplicación del principio de flujo a contracorriente a partir de utilizar el jugo más diluido para macerar la fibra rica. La fuerza motriz del proceso es la diferencia en la concentración de azúcar entre las celdas rotas y el jugo macerante. La acción se combina con la aplicación de altas presiones en los molinos de forma tal que se logre un alto grado de extracción.

La temperatura de la maceración e imbibición cataliza la extracción por concepto de incrementar la solubilidad del azúcar y además de ello mantiene protegido al tandem contra el desarrollo de microorganismos.

La desmenuzadora extrae cerca de un 60 % del jugo contenido en la caña y además prepara al colchón de caña para su entrada a los molinos por lo que es un equipo preparador extractor quedando para los molinos una extracción cercana al 40 % secando en lo mayor posible al bagazo y lograr una pol en bagazo dentro de las normas establecidas.

Para lograr este propósito se requiere de la aplicación de las presiones hidráulicas en los molinos, maceraciones del propio jugo y de agua de imbibición.

Con esta tecnología se logra mejorar la extracción tanto de pol como de jugo, aunque puede incrementarse el contenido de no azucares en el jugo mezclado que afectan la clarificación y otros procesos concurrentes. Es por ello que en la actualidad se ha implementado en la industria azucarera cubana el uso del clarificador BTR que contrarresta esta dificultad.

Parámetros	Valores normales
Materias extrañas en basculado	< 5.0 %
pH del jugo	> 5.5
Dextrana % Brix	< 0.08 %
Fermentación espontánea	< 0.40 %
Capacidad buffer	< 0.05
Polisacáridos % Brix.	< 0.35 %
% de goma Hidro alcohólica	< 5.0 %
% de volumen de tierra	< 6.0 %

Tabla 2.1 Parámetros de calidad del Jugo de desmenuzadora.

Colado del jugo mezclado (Transformación física): Proceso donde se elimina la mayor cantidad de bagacillo que se encuentra en el jugo dejándola en 0, 5 g/L, siendo esta una operación con sólidos, clasificada como física, esta operación permite eliminar la mayor parte del bagacillo y otras partículas en suspensión que pueden producir afectaciones de envergadura en otras partes del proceso. Para esta operación se utiliza un colador rotatorio con tela de barras en su interior lo que lo hace mucho más eficiente que los métodos convencionales que anteriormente se usaban.

Parámetros medios	UM	Valor
Pureza mínima	%	80.0
Contenido máximo de tierra	%	6.0
Bagacillo máximo permisible	gr/L	5.0
Densidad media	°Brix	15.0
Acidez como pH	pH	5.5
Polisacáridos máximo permisible	p.p.m.	150.0
Velocidad de sedimentación mínima	cm/min	2.7
Tiempo de sedimentación libre máximo	min	20.0

Tabla 2.2 Especificaciones de la calidad del mezclado

Calentamiento de jugo mezclado (Transformación física): Etapa en la cual el jugo mezclado alcanza por transferencia de calor una temperatura entre los 102-106 °C, la misma es física.

Alcalización de jugo mezclado (Transformación química): Proceso en el cual se le añade lechada de cal al jugo para eliminar la acidez en el jugo y lograr un pH entre 7.6 a 8.1 que favorece la reacción entre la cal y el ácido fosfórico contenido en el jugo formando un precipitado de fosfato tricálcico que arrastra las impurezas en el clarificador ayudando de esa manera la clarificación.

Parámetros	Valores medios
Pureza.	87%
pH	En el rango de 7.8 a 8.2

Tabla 2.3 Especificaciones de calidad del jugo alcalizado.

Clarificación (Transformación físico-química): Proceso en el cual se eliminan las impurezas contenidas en el jugo por lo que en este proceso se obtiene por un lado el jugo clarificado y el lodo o cachaza que se envía al área de filtración. Aquí ocurre una sedimentación por lo que atribuimos que este fenómeno es de naturaleza físico-química.

Colado del jugo claro (Transformación física): Proceso en el cual se garantiza el contenido mínimo de impurezas en el jugo clarificado, siendo esta una filtración lo que nos deja ver claramente que es una transformación de tipo física. Se utiliza para ello un colador rotatorio vestido con telas de una gran superficie filtrante.

Parámetros	Valores medios
Pureza.	de 0.5 a 1.5 unidades por encima del Mezclado
Brix	Similar al del jugo mezclado
pH	En el rango de 6.5 a 7.1

Tabla 2.4 Especificaciones de calidad del jugo clarificado.

Filtración de cachaza (Transformación física): Proceso en el cual se lleva a cabo el tratamiento de los lodos del clarificador con el objetivo de extraerles la mayor cantidad del jugo que contienen. Ocurriendo una filtración, clasificada como física.

La extracción de la cachaza en los filtros debe garantizar que el clarificador opere con los mínimos niveles permisibles, limitado exclusivamente por la relación sólido líquido de los

lodos salientes, ello es garantía absoluta de calidad en el azúcar y de evitación de revolturas por altos niveles.

Producto	Valores medios de los parámetros.				
	Pol (°S)	Pureza	Humedad (%)	pH	% en caña
Cachaza	1.0 a 3.0		74.0 a 76.0		3.0 a 6.0
Jugo filtrado		Máximo 5 puntos por debajo del Jugo claro.		6.0 a 7.0	

Tabla 2.5 Especificaciones de calidad de la cachaza y del jugo de los filtros.

Concentración (Transformación física): Proceso donde se elimina la mayor parte del agua que contiene el jugo mediante la evaporación, eliminando de un 73 a 75 % de agua.

Cristalización y cocción (Transformación física): Proceso donde continúa la evaporación hasta un punto en que la sacarosa disuelta alcance un grado de sobresaturación. En este proceso ocurre una concentración y cristalización.

Separación (Transformación física): Proceso en el cual se separa por centrifugación el azúcar de la miel final.

Pesada, Envasado y Almacenamiento: Etapa en la cual el azúcar producido se pesa para conocer la producción diaria, se envasa y se almacena en estibas para su posterior distribución y consumo.

Variables de operación que definen a los equipos:

- ◆ Calentadores: temperatura y presión.
- ◆ Clarificador: velocidad de sedimentación.
- ◆ Filtro: vacío.
- ◆ Evaporador: vacío, presión de vapor, temperatura.
- ◆ Tachos: vacío, presión de vapor, temperatura.
- ◆ Cristalizador: En los de tercera se mide temperatura

El proceso productivo anteriormente descrito posee además una serie de equipos y áreas que complementan la producción entre los cuales están:

- ◆ Hornos y calderas.
- ◆ Planta eléctrica.
- ◆ Bombas de inyección y vacío.
- ◆ Taller de maquinado y de Instrumentación y control.
- ◆ Transporte de la materia prima y Centros de Acopio.

Características del régimen de operación de la fábrica y la organización de la producción:

Esta fábrica opera de forma continua, trabajando las veinticuatro horas diarias existiendo cuatro brigadas, las cuales se alternan por turnos. Esta industria se nutre de una gran cantidad de personal proveniente del mismo batey, de diferentes zonas y regiones del municipio y de otros municipios vecinos. Anualmente el trabajo de la Fábrica se enmarca en dos etapas estructuradas de la siguiente forma:

- ◆ De Diciembre hasta Abril: es la época de zafra en la que se realiza la cosecha, molienda y extracción de la sacarosa.
- ◆ Resto del año: etapa de reparaciones del ingenio, se estructura de forma tal que por cada equipo del proceso se dan las recomendaciones para:
 - a) Limpieza, desarme, revisión y conservación.
 - b) Reparación.
 - c) Prueba y ajustes.
 - d) Mantenimiento en zafra.

2.2.2 Control de la Calidad en el proceso de fabricación de Azúcar.

La modernización de la tecnología de procesos lleva implícito una reducción de los tiempos requeridos para la verificación de las reacciones y ello va indisolublemente ligado a esquemas de control más activos y eficientes.

La estadística del comportamiento de los parámetros del proceso constituye la base más importante para la predicción de los diferentes problemas a los que cotidianamente nos enfrentamos en la zafra.

En el trabajo de control se debe garantizar el cumplimiento de los siguientes principios:

- ◆ Exactitud.
- ◆ Claridad.
- ◆ Sencillez.

Siendo el último tan importante como el primero, es decir se debe lograr una sencillez de forma tal que no este en conflicto con la exactitud y la calidad.

Siempre se preferirán mediciones directas, exactas y sencillas en lugar de cálculos y determinaciones indirectas. Así mismo tienen más peso las consideraciones prácticas en lugar de especulaciones teóricas.

La base del control azucarero es el Laboratorio de Control el cual se vincula al proceso productivo de forma activa participando en el análisis de los resultados que se obtienen, así ininterrumpido y de esta forma actuar como apoyo insustituible al Jefe de Fábrica para alcanzar el cumplimiento estable y sistemático de los indicadores fundamentales de eficiencia y la calidad del azúcar.

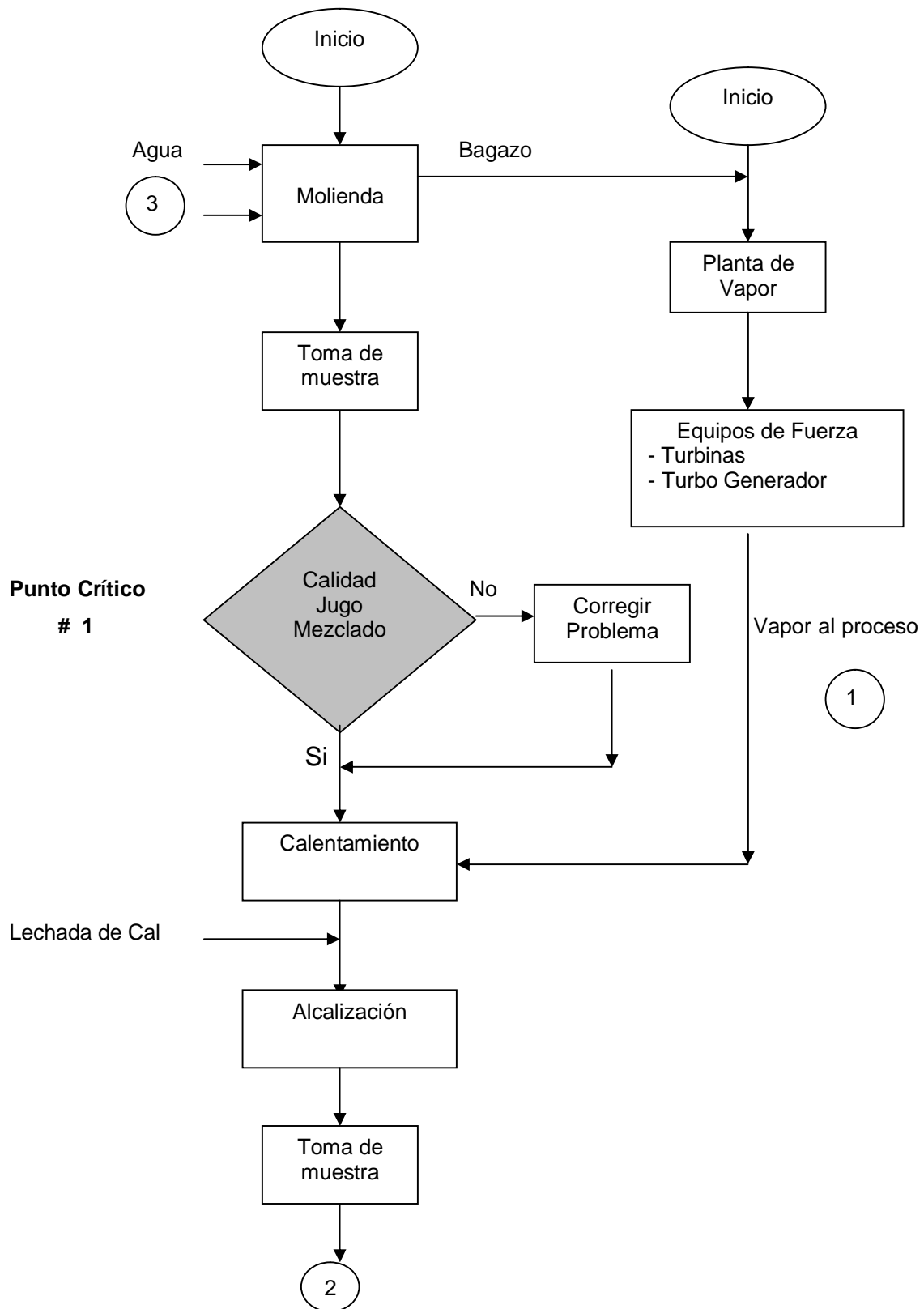


Figura 2.2 Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación de Azúcar Crudo.

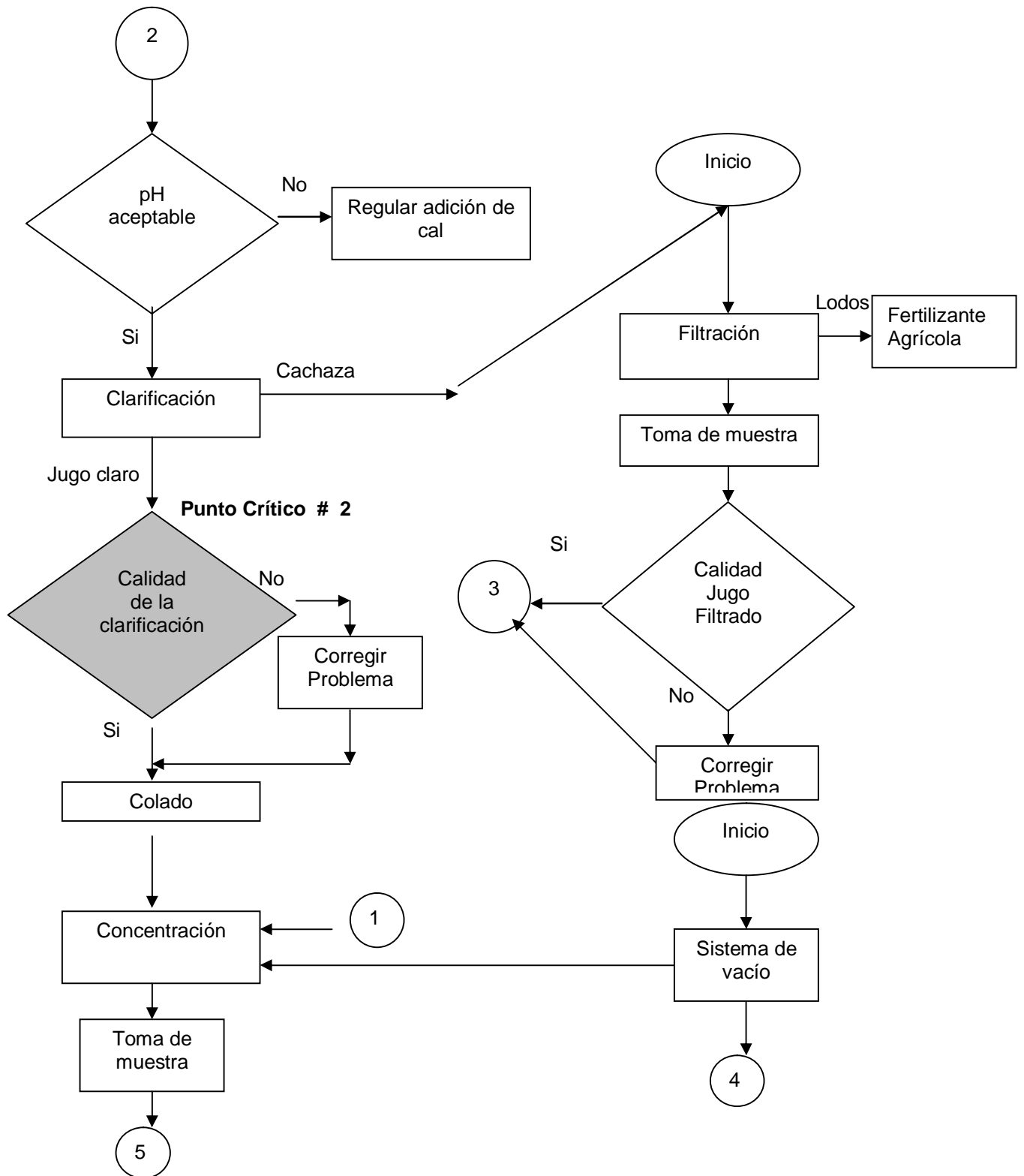


Figura 2.2 Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de Azúcar Crudo.

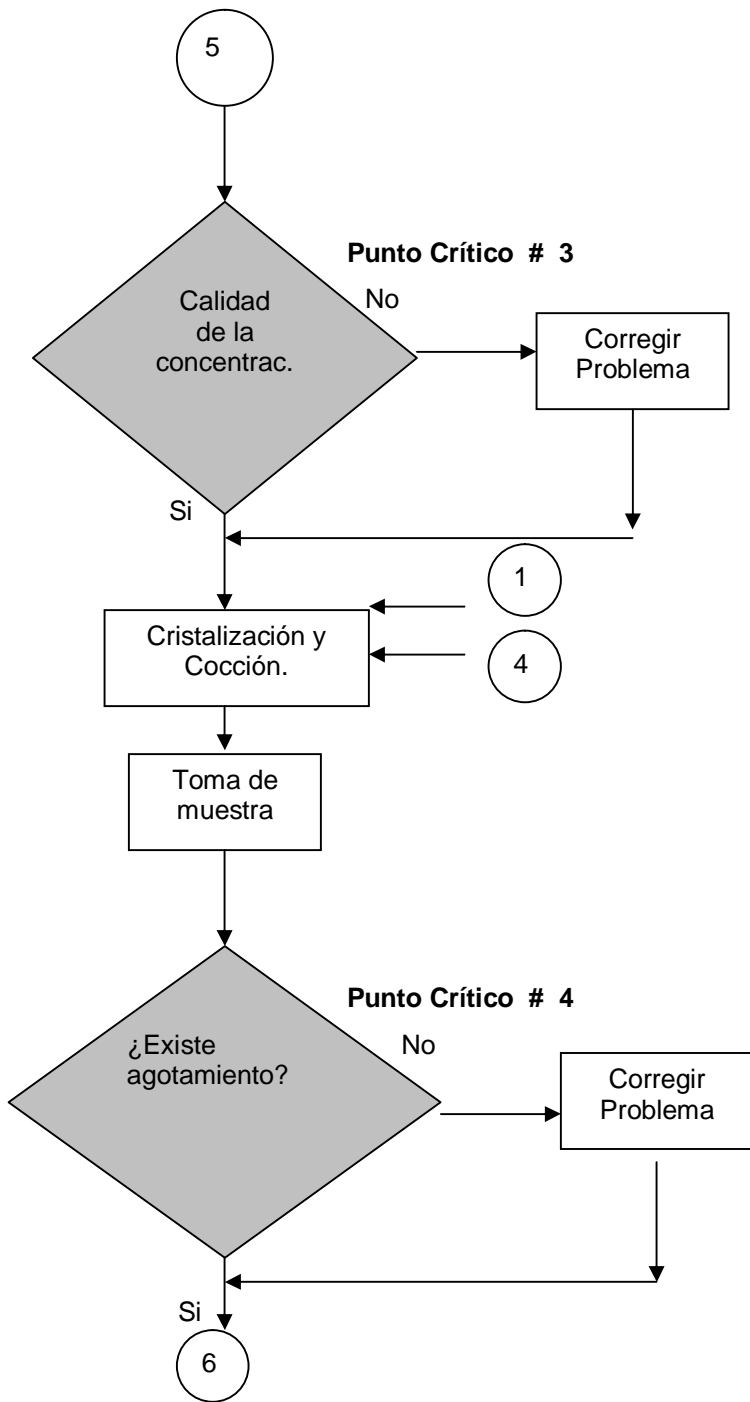


Figura 2.2 Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de Azúcar Crudo.

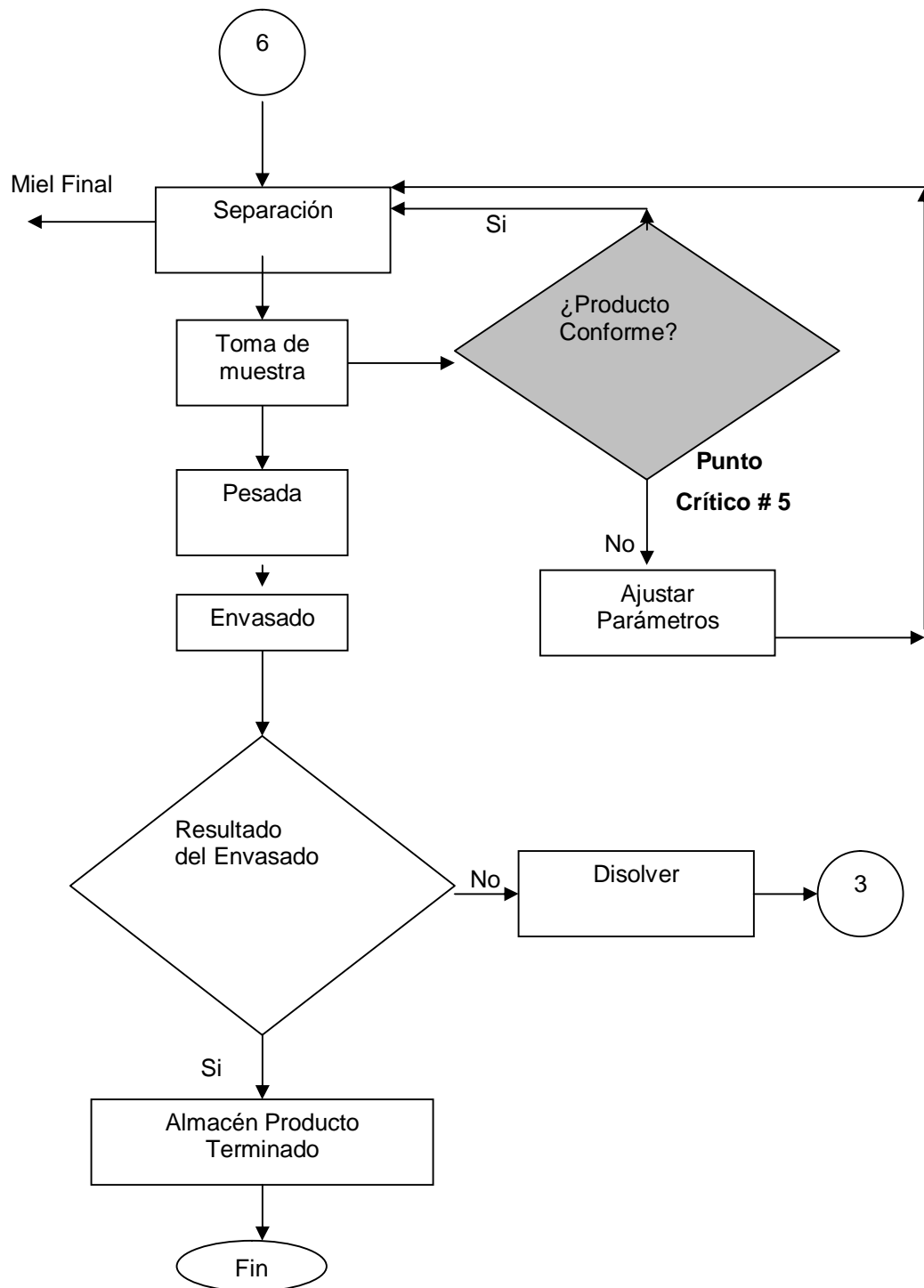


Figura 2.2 Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de Azúcar Crudo.

2.3 Esquemas de control

2.3.1 Importancia de la toma de muestra

La calidad del trabajo de control depende en primer término de la eficiencia del sistema de muestreo de los distintos productos que se analizan en el Laboratorio azucarero. Nada es tan importante como la muestra.

Una muestra ideal es aquella que cualitativamente no difiere al universo al que pertenece, las muestras reales serán más representativas cuanto más se aproximen a esta definición.

Una muestra representativa del flujo de un producto debe tomarse en forma continua o a intervalos adecuados, además debe ser proporcional a la cantidad del producto que representa con independencia de si es a flujo continuo o a batche.

En la industria azucarera de caña resulta relativamente fácil tomar muestras representativas de la mayor parte de los productos, que a su vez son los más importantes, que intervienen en el proceso fabril. Se excluyen algunos productos que por su naturaleza se toman de forma puntual y su representatividad podría ser dudosa.

A continuación se muestran los diagramas de flujo para cada uno de los puntos críticos definidos en el Diagrama de flujo del proceso (ver **Figuras 2.3; 2.4; 2.5; 2.6; 2.7**). Para la determinación de estos como primer paso se reunieron expertos del proceso entre los que figuraban inspectores, técnicos y especialistas de producción, con sus criterios se elaboro el esquema de control (ver **Tabla 2.6**) donde se contemplan los siguientes aspectos:

- ◆ Objeto de control.
- ◆ Punto de muestreo.
- ◆ Tipo de muestreo.
- ◆ Determinaciones a realizar a cada muestra.
- ◆ Frecuencia analítica.

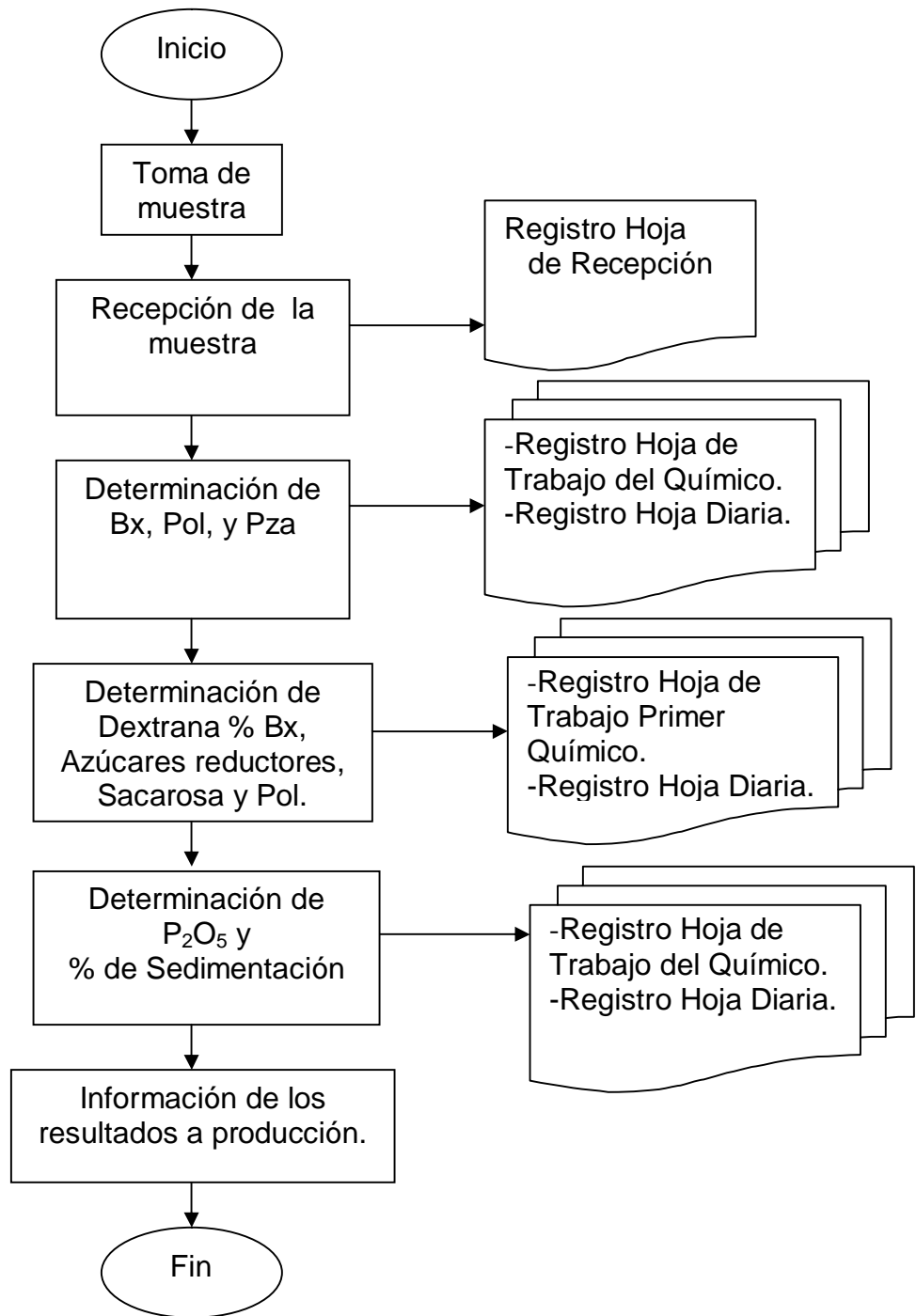


Figura 2.3 Diagrama de Flujo Punto Crítico # 1 Calidad en el Jugo Mezclado.

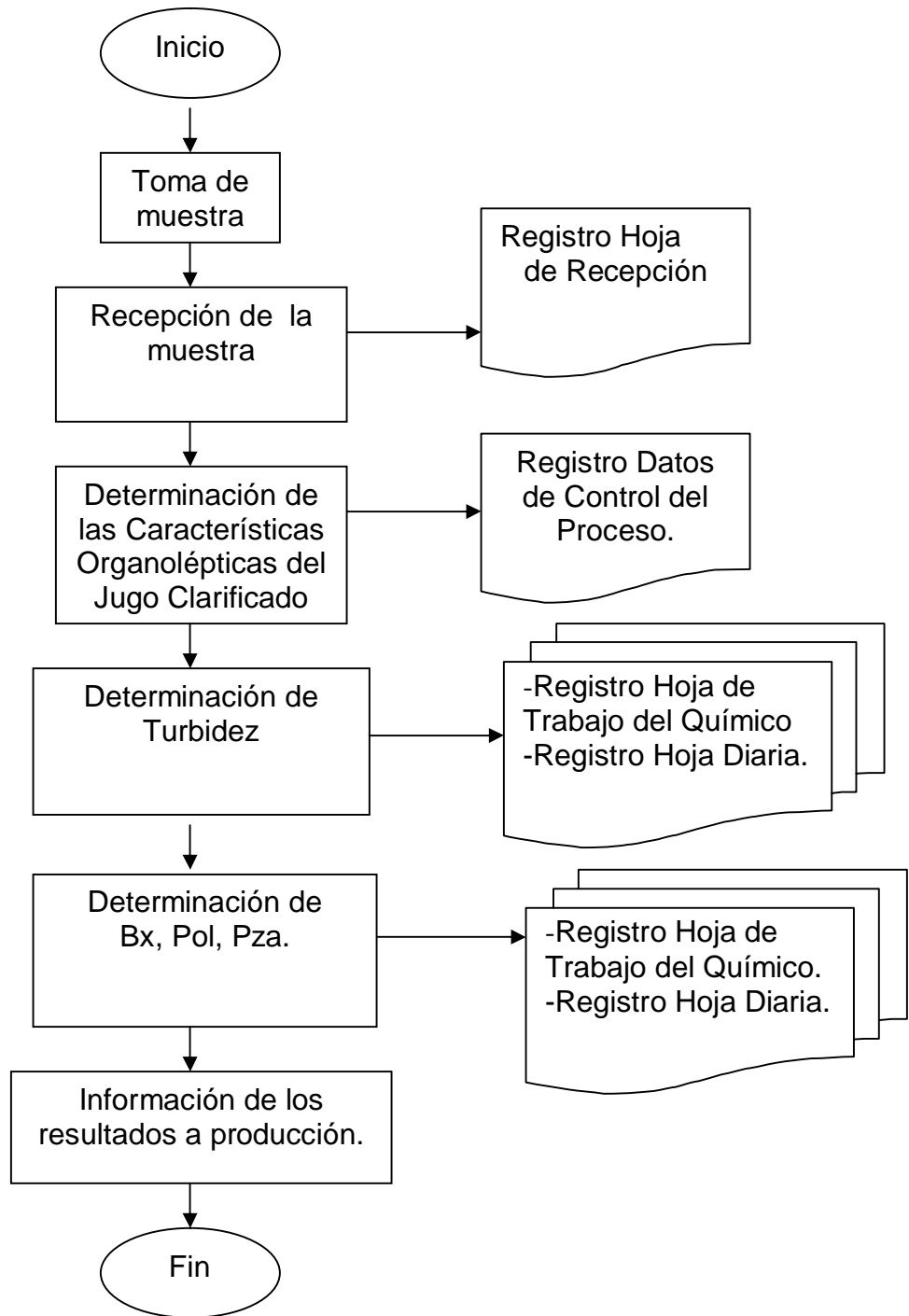


Figura 2.4 Diagrama de Flujo Punto Crítico # 2 Calidad de la Clarificación.

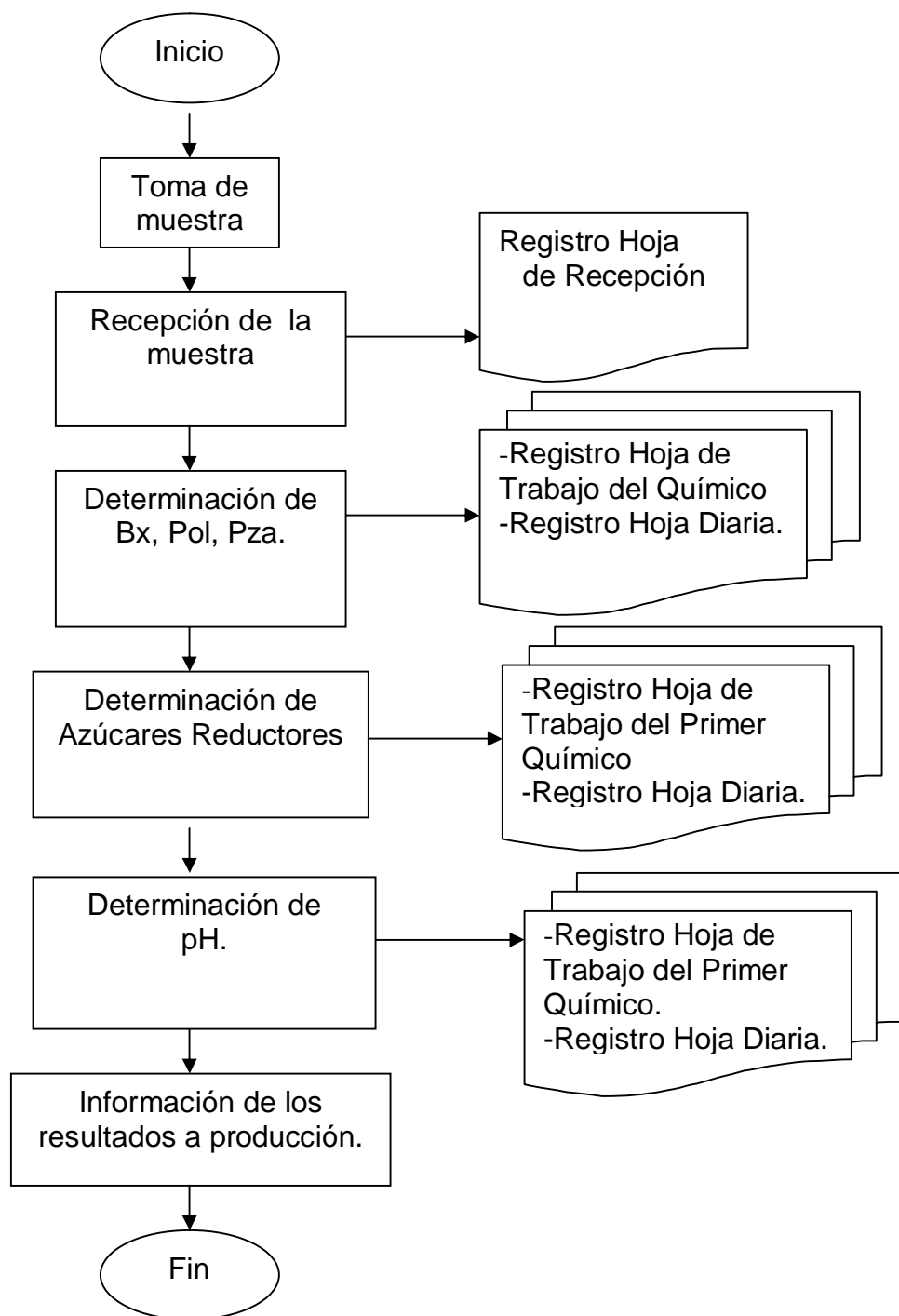


Figura 2.5 Diagrama de Flujo Punto Crítico # 3 Calidad de la Concentración.

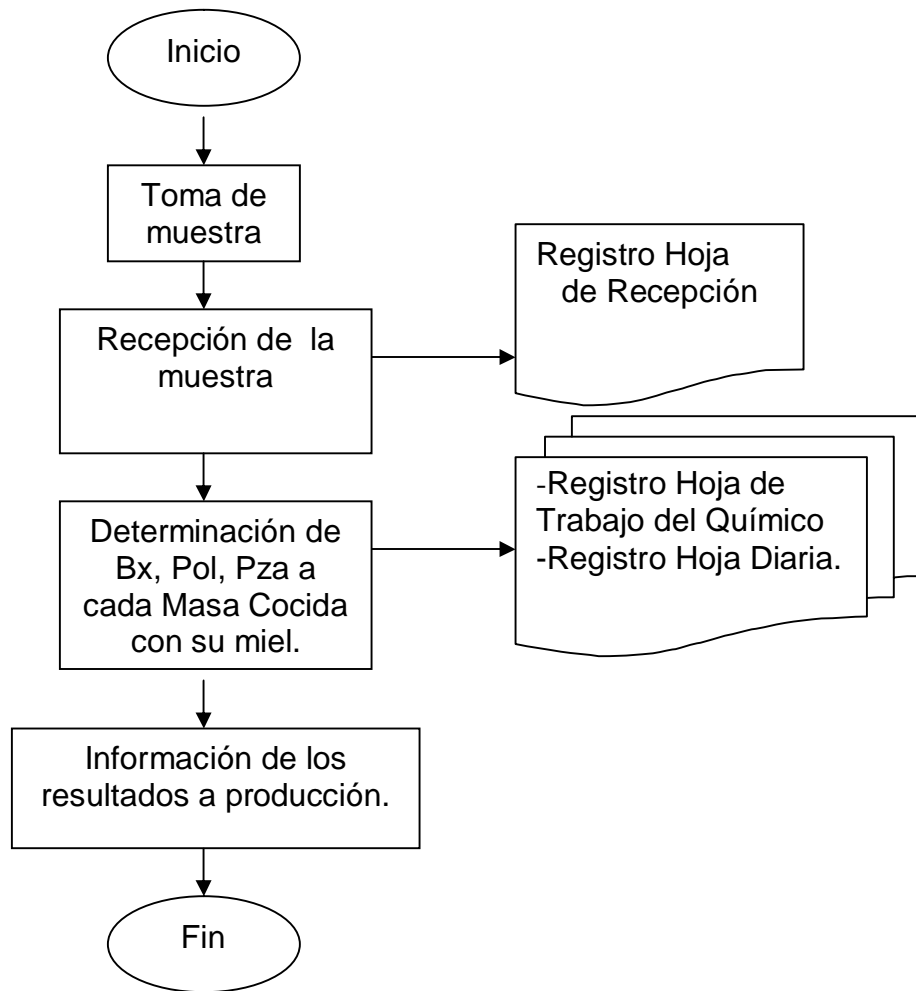


Figura 2.6 Diagrama de Flujo Punto Crítico # 4 Efectividad del proceso de Agotamiento.

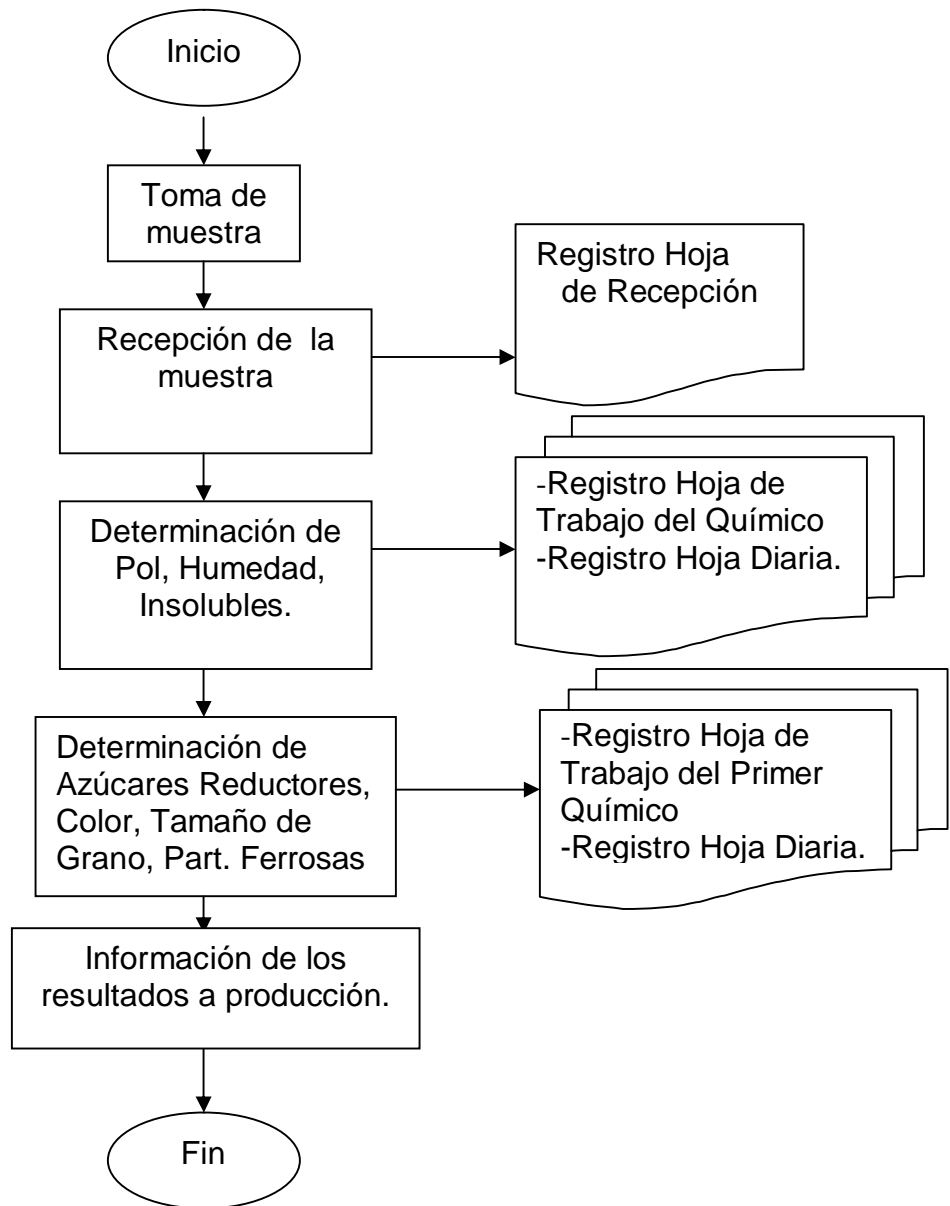


Figura 2.7 Diagrama de Flujo Punto Crítico # 5 Conformidad del Producto Terminado.

Tabla 2.6 Esquema de Control General para la Zafra.

Objeto de Control	Punto de Muestreo	Tipo de Muestreo	Determinación	Frecuencia
Jugo Mezclado	Toma muestra	Continuo 1 x h	Bx, Pol y Pza	2 x Turno
Jugo Mezclado	Toma muestra	Continuo ó Directo	P2O5 y % sedimentación	Inicio Zafra ó según Pedido
Jugo Mezclado	Toma muestra	Continuo 1 x h Acumulativo 24h	Dextrana % Bx, Azúcares reductores, sacarosa, Pol	Cada 24h ó cada 3 días
Jugo Entrada Fábrica	Tanque ó Toma muestra	Manual	Bx, Pol y Pza	Según Pedido
Bagazo	Toma muestra	Manual Manual	Fibra dura / meollo	Según Pedido
		Sorpresivo	%Pol , % Hdad	2x turno
Jugo Alcalizado	Toma muestra	Manual	pH	1 x hora
Jugo Clarificado	Toma muestra	Manual Instantánea	Turbidez	2 x turno
		Continuo 1 x hora acumulativo	Bx, Pol y Pza	1 x turno
Corrida clarificador	Válvula	Manual	Sacarosa y Pol	En Paradas mayores de 4 h al pasar y arrancar el central si no se liquida el clarificador
			Bx, Pol, Pza y pH	Cada 4 h en paradas mayores de 4h si no se liquida el clarificador
Jugo Filtrado	Toma muestra	Continuo 1 x h	Bx Areométrico y refractométrico, Pol y Pza	1 x Turno
		Manual Instantánea	pH	1x Turno
Lechada de Cal	Tanque	Manual	Baumé	Eventual
Cachaza agotada	Filtros	Manual sorpresiva	% Pol	2 x turno x filtro
			Humedad	1 x 24h turno 7-3
Meladura	Toma muestra	Continua 1 x h Acumulativa	Bx, Pol, Pza	1 x turno
		Continua 1 x h Acumulativa	Azúcares reductores	1 x24h ó cada 3 días

		Manual Instantánea	PH	1 x turno
Evaporadores (limpieza)	Vasos	Manual	Baumé, %NaOH, %HCl, pH, enjuague Evaluación	Por limpieza si fabricación lo trae
Cal recibida	Camión ó Almacén	Manual	% CaO	1 x lote
Cal Insumida	Extracción de cal	Manual	%CaO	1 x Decena
Mezcla P/Cristalizar	Tanque ó Toma muestra	Manual	Bx, Pol y Pza	Según Pedido
Grano Fino	Salida tacho	Manual	Bx, Pol y Pza	1 x Cristalización
Grano Mejorado	Salida Tacho	Manual	Bx, Pol y Pza	1 x templa
Masa Cosida "A"	Salida tacho	Manual	Bx, Pol y Pza	1 x turno
Masa Cosida "B"	Salida Tacho	Manual	Bx, Pol y Pza	1 x templa
Masa Cosida "C"	Salida Tacho	Manual	Pureza Ciclón	Según Pedido
Miel Final	Toma muestra	Continuo	Bx, Pol y Pza	2 x Turno Purgado
		Acumulada 24h	Sacarosa, Azúcares, Reductores, Ceniza, Azúcares totales.	1 x 24h ó cada 3 días
Miel Final	Toma Muestra	Continuo ó Manual	Viscosidad	Según Pedido
MC "C" Lubricada	Salida Tachos ó Mezclador	Manual	Bx	Según Pedido
Miel Final	Toma muestra	Continuo	Bx, Pol y Pza	2 x Turno Purgado
		Acumulada 24h	Sacarosa, Azúcares, Reductores, Ceniza, Azúcares totales.	1 x 24h ó cada 3 días
Miel Final Embarque	Salida Tanque	Manual	Bx, Sacarosa, Azúcares, Reductores, Azúcares Totales.	1 x lote ferrocarril
Semilla "C"	Toma muestra	Continuo	Bx, Pol y Pza	1 x turno
Semilla "B"	Toma muestra	Continuo	Bx, Pol y Pza	1 x turno

2.4 Conclusiones Parciales

- ◆ El proceso de producción para la obtención del azúcar de caña se puede clasificar como complejo por la gran cantidad de operaciones que encierra en diferentes etapas en las que el jugo sufre diferentes transformaciones físico-químicas hasta la obtención del producto final.
- ◆ El proceso general está bien concebido, consta de una tecnología capaz, apta para el uso previsto y respaldado por procedimientos normalizados de operación.
- ◆ Existe un esquema concebido para el control general del proceso, pero no se cuenta con las Herramientas de Calidad que permitan el análisis del comportamiento del proceso y la toma de decisiones.

Capítulo III

Capítulo III. Selección de las Herramientas de Calidad.

El objetivo de este capítulo es seleccionar las herramientas de calidad que deben implantarse en el proceso de Fabricación de Azúcar crudo. Para ello se ha tenido en cuenta toda la información recopilada en el capítulo anterior y se ha de estructurar de la siguiente forma.

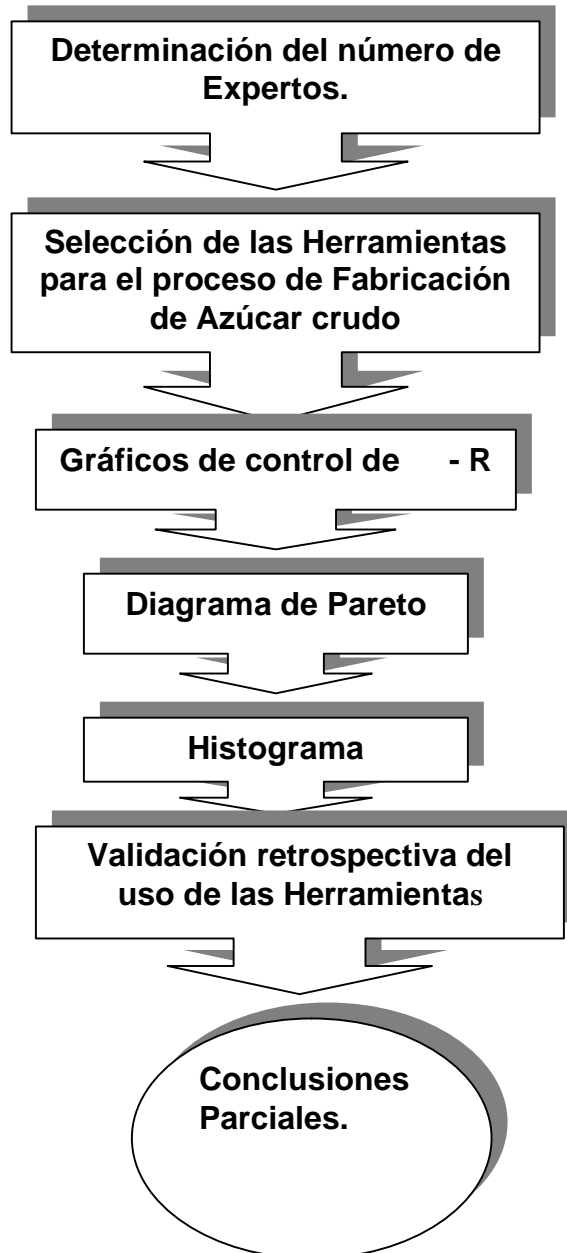


Figura 3.1 Estructura del Capítulo III.

3.1 Selección de las Herramientas para el proceso de Fabricación de Azúcar crudo

3.1.1 Determinación del número de expertos para la Investigación

Para la realización del análisis de cada punto crítico del proceso de fabricación de azúcar teniendo en cuenta el esquema de control se utilizó como herramienta auxiliar para la toma de decisión el trabajo con expertos, con el objetivo de establecer un orden de prioridad entre las causas que afectan a los puntos críticos. Para determinar el número de expertos (M) a emplear se empleó el siguiente cálculo:

$$M = p (1-p) k / i^2 \quad \text{donde:}$$

i = nivel de precisión alcanzado para el cual se recomiendan valores entre 0.14 y 0.5

p = proporción estimada de error.

k = constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza $(1 - \alpha)$ seleccionado.

$(1-\alpha)$	k
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6896

Valores adoptados

$$M = 0.05 (1-0.05) 3.8416 / (0.14)^2$$

$$i = 0.14$$

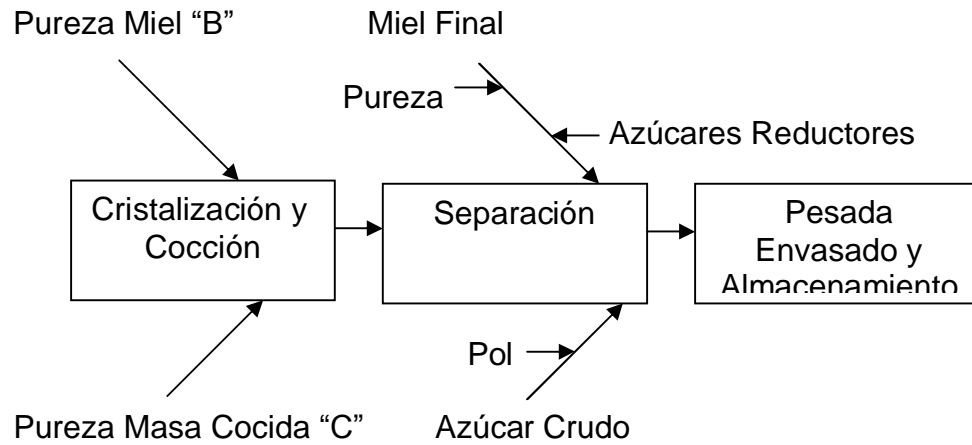
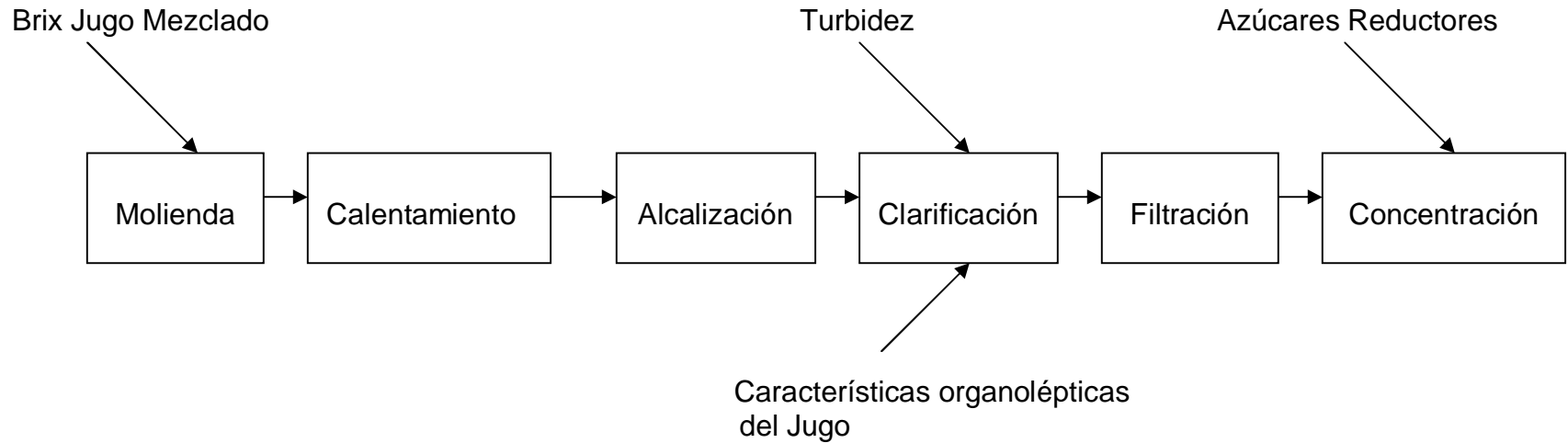
$$M = 9.31 \approx 9 \text{ expertos.}$$

$$p = 0.05$$

$$k = 3.8416 \text{ para } (1-\alpha) = 95$$

Determinado el número de expertos y utilizando como base el Diagrama de Flujo se procede a determinar las causas que más afectan la estabilidad del proceso en cada uno de los puntos críticos. Para una fácil comprensión de ello se emplea el Diagrama de Ishikawa en su variante de flujo de proceso (ver **figura 3.2**) el cual permite que las personas que desconocen el proceso se familiaricen con él, lo que facilita su uso.

Figura 3.2 Flujo de Proceso



3.1.2 Determinación de los datos para cada punto crítico. Herramientas recomendadas.

Teniendo en cuenta el criterio de los expertos se procede a determinar cuales datos obtenidos de cada punto crítico serán los fundamentales para la aplicación y uso de las herramientas de calidad, teniendo en cuenta además si son datos cualitativos o cuantitativos y si generan variables discretas o continuas.

En la **Tabla 3.1** se resume el resultado de este análisis determinando además la herramienta de calidad establecida.

3.2 Gráficos de control utilizados

Existen dos tipos generales de gráficos de control: para variables y para atributos. Las primeras se aplican a variables o características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición para medirse. Los gráficos más usuales son:

- ◆ (de promedios).
- ◆ R (de rangos).
- ◆ S (de desviaciones estándar).
- ◆ X (de medidas individuales).

El proceso de producción objeto de estudio maneja variables que son medibles y expresables en números en cantidades suficientes como para utilizar estos tipos de gráficos, especialmente se recomienda utilizar la variante - R mediante la cual se puede determinar si el proceso se encuentra en control estadístico y si es capaz de cumplir con las especificaciones, permitiendo además diagnosticar y eliminar situaciones problemáticas. Para ello es recomendable seguir los siguientes pasos:

- ◆ Seleccionar la característica de calidad.
- ◆ Pensar y elegir el subgrupo o muestra.

Tabla 3.1 Herramienta que se debe utilizar en cada punto crítico

Area	Punto crítico	Característica de calidad	Tipo de Datos	Herramienta de calidad
Molida	Jugo Mezclado	Bx.	-Cuantitativo -Variables continuas.	-Grafico de control. -Diagrama de Pareto.
Clarificación	Jugo Clarificado	Turbidez	-Cuantitativo -Variables continuas.	-Grafico de control. -Diagrama de Pareto.
		Características organolépticas del jugo.	-Cualitativo -Variables discretas.	-Diagrama de Pareto.
Concentración	Meladura	Azúcares reductores.	-Cuantitativo -Variables continuas.	-Grafico de control.
Cristalización y cocción	Miel "B"	Pureza.	-Cuantitativo -Variables continuas.	-Grafico de control. -Diagrama de Pareto.
Cristalización y cocción	Masa Cocida "C"	Pureza.	-Cuantitativo -Variables continuas.	-Grafico de control. -Diagrama de Pareto.
Separación	Miel Final	Pureza.	-Cuantitativo -Variables continuas.	-Histograma de Pareto.
		Azúcares Reductores.	-Cuantitativo -Variables continuas.	-Grafico de control. -Diagrama de Pareto.
Separación	Azúcar crudo	Pol.	-Cuantitativo -Variables continuas.	-Grafico de control. -Diagrama de Pareto.

- ◆ Recabar los datos.
- ◆ Determinar límites de control y su revisión futura.

Los gráficos de control por atributos se aplican a procesos en los que los productos obtenidos se juzgan solo como conformes o no conformes, dependiendo de si posee ciertos atributos, y al producto se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que posee. Es por ello que se plantea que manejan datos del tipo cualitativo (variables discretas). Se utilizan los siguientes gráficos:

- ◆ p (fracción de artículos defectuosos).
- ◆ np (unidades defectuosas).
- ◆ c (número de defectos).
- ◆ u (número de defectos por unidad).

En el caso que nos ocupa no es posible la aplicación de estos tipos de gráficos, es decir el control estadístico del proceso solo es posible mediante gráficos de control para variables continuas teniendo en cuenta el criterio de los expertos para utilizar los parámetros más importantes para la calidad del producto.

3.3 Diagrama de Pareto.

Este tipo de diagrama permite establecer las prioridades y describe la forma de separar los “pocos vitales” de los “muchos triviales”, localizando los pocos defectos, problemas o fallos vitales para concentrar los esfuerzos de solución o mejora en estos.

Introducir este Diagrama en algunas áreas del proceso de fabricación de azúcar crudo resulta fundamental por la cantidad de factores que pueden incidir sobre este producto y poder saber cual o cuales son los que más pueden afectarlo.

Se aplicará el diagrama de Pareto ante comportamientos en el proceso ajenos a sus valores normales que no cumplan con las especificaciones.

3.4 Histograma

El histograma permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión, da la posibilidad que de un vistazo se pueda tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso o el impacto de una acción de mejora. Su uso cotidiano facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece la cultura de los datos y los hechos objetivos.

Cuando un Histograma se construye de manera correcta y es resultado de un número suficiente de datos, en general más de cuarenta, y estos son representativos de la población, proceso o problema, entonces lo que se aprecia en el histograma como tendencia central, variabilidad y comportamientos especiales será una información valiosa

3.5 Orientación para el uso adecuado de las Herramientas.

3.5.1 Capacitación necesaria.

Para la implantación de las Herramientas de Calidad primeramente es necesario Capacitar principalmente a los Técnicos y Jefes de Turnos de Fabricación con el objetivo de que estos comprendan el basamento teórico y la importancia de aplicar las Herramientas de calidad con el fin de adquirir las habilidades necesarias para emplearlas, conociendo previamente la forma de proceder ante resultados fuera de especificaciones, los cuales son todos los resultados que caen fuera de los criterios de aceptación establecidos en las normas. Siempre que se obtenga un resultado fuera de especificaciones es necesario investigar su causa, para corregir posibles problemas. En este caso se repite el análisis de la muestra para verificar la veracidad del resultado, si este se mantiene igual entonces se informa al Inspector del proceso el cual de conjunto con los técnicos encargados del proceso procede según Diagrama de Flujo **figura 3.2**

3.5.2 Documentación necesaria.

Se debe confeccionar el Procedimiento Documentado de las Herramientas que se proponen en este trabajo.

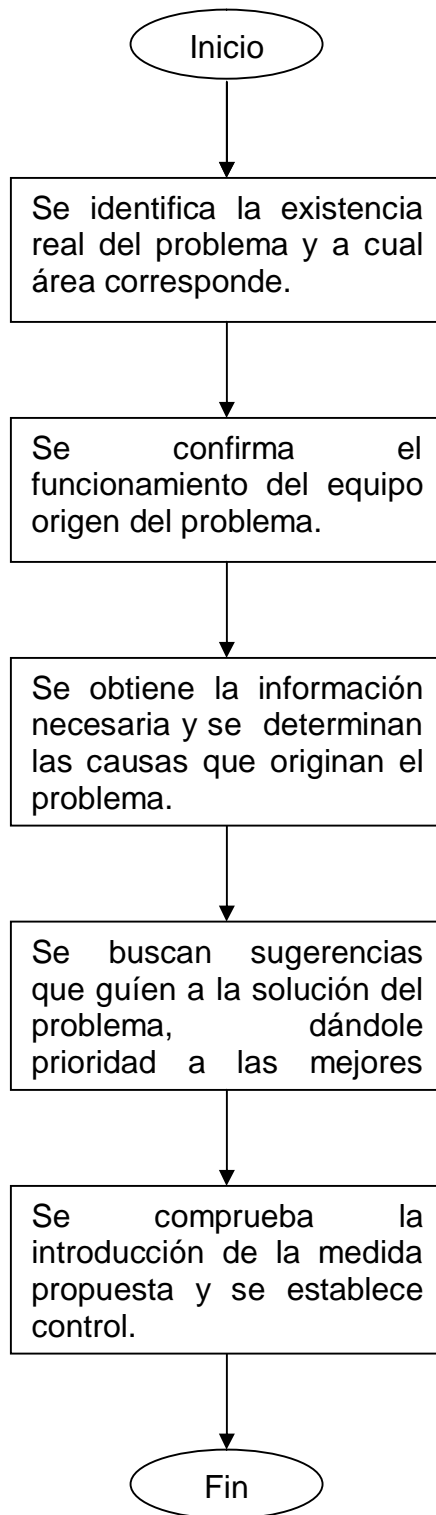


Figura 3.2 Diagrama de flujo Procedimiento en caso de detectarse resultados fuera de especificaciones.

3.6 Validación retrospectiva del uso de las Herramientas.

3.6.1 Gráficos de Control de - R

3.6.1.2 Gráfico de Rangos para el Brix del Jugo Mezclado.

En el **Anexo 4** se muestran los análisis de Laboratorio para el Brix del Jugo Mezclado, se tomaron datos de siete días de trabajo de la recién finalizada zafra. Este análisis tiene como finalidad evaluar el comportamiento del Brix de jugo mezclado el cual debe mantener valores normales que oscilen entre 12.5 y 14.5 °Bx.

Para analizar la variabilidad de este tipo de característica de calidad se utiliza el gráfico de R (de rangos)

Se calculan los límites de control superior e inferior:

Línea Central (LC) = 0.67.

Límite de Control Superior (LCS) = $D_4R = 2.575 * 0.67 = 1.72$

Límite de Control Inferior (LCI) = $D_3R = 0 * 0.67 = 0$

Los valores utilizados de los factores D_3 y D_4 se buscan en el **Anexo 5** para $n = 3$.

Se plotean los datos obtenidos para el gráfico de rangos. (Ver **figura 3.3**)

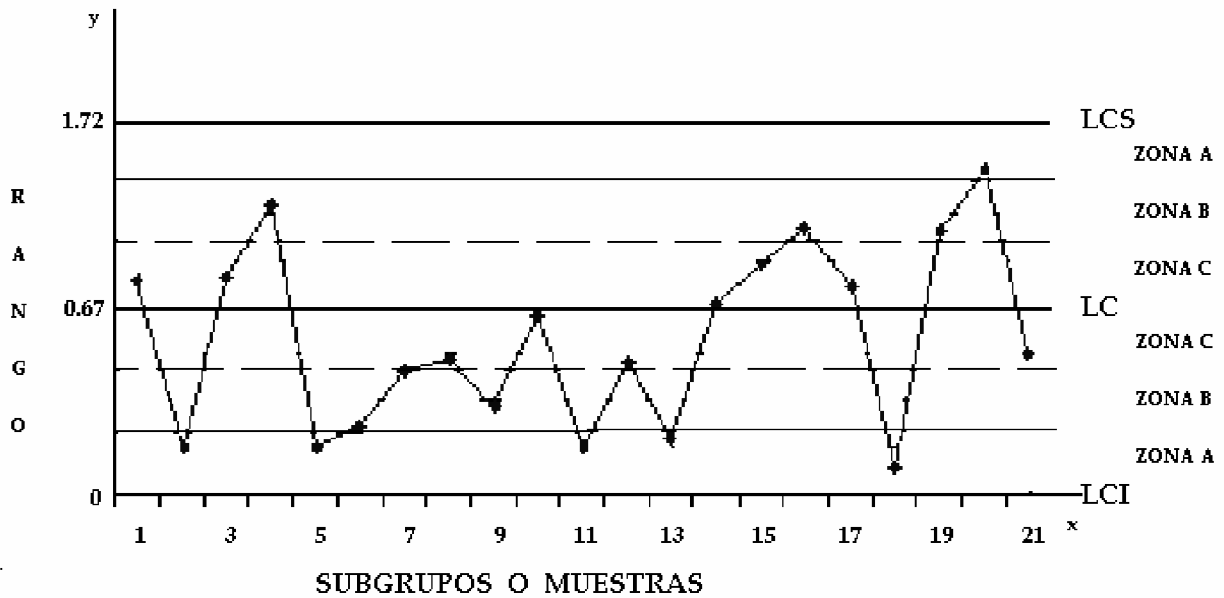


Figura 3.3 Carta de Rangos para el Bx del Jugo Mezclado.

3.6.1.3 Gráfico de Medias para el Brix del Jugo Mezclado.

Para analizar el comportamiento de la Tendencia Central y la variación entre las muestras, se usa el gráfico de (de medias o promedios).

Se calculan los límites de control superior e inferior:

Línea Central (LC) = 13.84.

Límite de Control Superior (LCS) = $+ A_2R = 13.84 + 1.023 * 0.67=14.52$

Límite de Control Inferior (LCI) = $- A_2R = 13.84 - 1.023 * 0.67=13.15$

El valor de A_2 aparece en el **Anexo 5**. El gráfico de control de medias () aparece ploteado en la **figura 3.4**

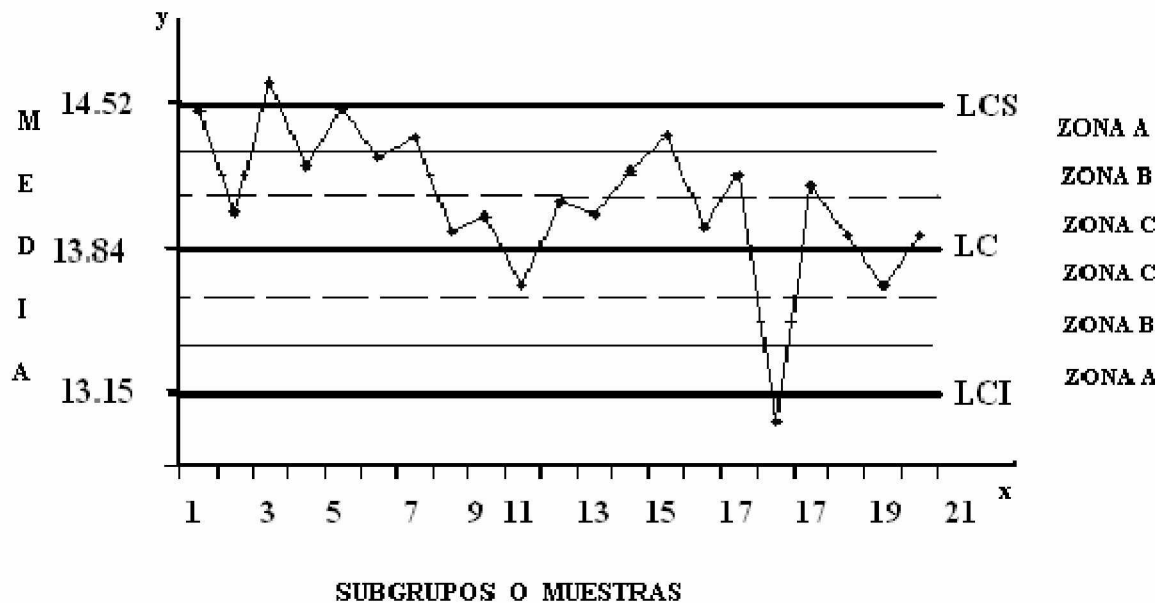


Figura 3.4 Carta de medias para el Bx del Jugo Mezclado.

Para la interpretación de los Gráficos se tiene en cuenta seis patrones de comportamiento; para facilitar la identificación de estos patrones (no aleatorios) lo primero que se hace es dividir la Carta de Control en seis zonas o bandas iguales, cada una con una amplitud similar a una desviación estándar de la variable que significa.

En la **Tabla 3.2** se muestra el resultado de análisis e interpretación del comportamiento de los puntos para la característica de calidad de Bx de jugo mezclado.

Tabla 3.2 Interpretación de las cartas de control – R. Característica de calidad: Bx del Jugo Mezclado.

Comportamiento de los Puntos	Carta de Control	
		R
♦ Patrón 1: Cambios (brincos) en el nivel del proceso		
♦ Prueba 1: Un punto fuera de los límites de control	positivo	negativo
♦ Prueba 2: Dos de tres puntos consecutivos en la zona A o más allá.	negativo	negativo
♦ Prueba 3: Cuatro de cinco puntos consecutivos en la zona B o más allá.	positivo	negativo
♦ Prueba 4: Ocho puntos consecutivos de un solo lado de la línea central.	positivo	positivo
♦ Patrón 2: Tendencias en el nivel del proceso		
♦ Prueba 5: Seis puntos consecutivos ascendentes (o descendentes).	negativo	negativo
♦ Patrón 3: Ciclos recurrentes (periodicidad)		
♦ Prueba 6: Catorce puntos consecutivos alternando entre altos y bajos.	negativo	negativo
♦ Patrón 4: Mucha variabilidad		
♦ Prueba 7: Ocho puntos consecutivos a ambos lados de la línea central con ninguno en la zona C.	negativo	negativo
♦ Patrón 5: Falta de variabilidad		
♦ Prueba 8: Quince puntos consecutivos en la zona C, arriba o debajo de la línea central.	negativo	negativo
<p><u>Interpretación</u></p> <p>En la carta de control de \bar{x} se puede apreciar que el Bx del jugo mezclado se encuentra fuera de control estadístico, por lo que podemos afirmar que en cuanto a tendencia central el proceso es inestable ya que en primer lugar esta fuera de control y los valores fluctúan de manera inestable sobre la línea central.</p> <p>En la carta de R también existen pruebas positivas pues aunque esta dentro de los límites de control hay reducciones en la variabilidad del proceso.</p> <p>El proceso es inestable en cuanto a tendencia central y en cuanto a variabilidad. El análisis integrado de ambos gráficos indica que el proceso estuvo fuera de control, además de presentar diferentes anomalías que sugieren la ocurrencia de problemas en el desempeño del proceso. Estos resultados de esta manera nunca fueron analizados, pues no se usaron los gráficos de control por lo que no se investigaron las causas de la inestabilidad ni se tomaron las medidas pertinentes, cuestión esta que demuestra que no se puede controlar el proceso “a ciegas” guiándose solo por las especificaciones. En el caso particular que se analiza la consecuencia fundamental que provoca es la revoltura del clarificador por inestabilidad en el Bx jugo mezclado.</p>		

3.6.2 Histograma

Para la construcción del histograma se tomó como parámetro la pureza de la Miel Final, la cual debe cumplir con la especificación ≤ 37.50 . Para ello se tomaron cincuenta datos durante más de un mes de la recién finalizada zafra 2007. Su elaboración se realizó por el método de Oshimura de la siguiente forma:

Pureza de la miel final del 2/2/07 al 23/3/07				
Decenas				
1	2	3	4	5
35.79	35.41	40.46	39.38	39.79
36.13	35.85	37.41	40.86	40.64
37.17	35.74	38.60	40.13	40.55
36.92	39.37	36.82	39.72	40.58
35.52	37.59	38.73	39.81	40.73
35.40	38.04	36.15	40.44	40.50
34.73	37.22	40.69	40.75	41.17
35.45	37.83	41.02	40.93	40.08
36.07	39.39	41.10	40.45	40.47
35.60	37.63	39.58	39.90	40.54

Tabla 3.3 Valores de pureza de la miel final.

1. Nº de datos (n) = 50.
2. Buscar $X_{\max} = 41.17$ $X_{\min} = 34.73$
3. Mínima unidad digital (a) = 1
4. Calcular coeficiente de recorrido (k)

$$k = X_{\max} - X_{\min} + 1 / a$$

$$k = 7.44$$

5. Determinar amplitud definitiva de clases:

$$C' = [\text{parte entera } (k / \sqrt{n})] a$$

$$C' = 7.44 / \sqrt{50} * 1$$

$$C' = 1.052 \text{ parte entera} = 1$$

6. Determinar límite inferior del primer intervalo:

$$\text{lim inf} = X_{\min} - a/2 = 34.72 - 1/2 = 34.22$$

7. Determinar límite superior del primer intervalo:

$$\text{lim sup} = \text{lim inf} + C' = 34.22 + 1 = 35.22$$

8. Se confecciona la **tabla 3.4** de frecuencia para la pureza de la miel final.

Intervalos	Tarjado	ni	fi	Ni	Fi	Yi	Yi * ni
34.22 - 35.22	/	1	0.02 (2%)	1	0.02	34.72	34.72
35.22 - 36.22	//// //	11	0.22 (22%)	12	0.24	35.72	392.92
36.22 - 37.22	///	3	0.06 (6%)	15	0.3	36.72	110.16
37.22 - 38.22	//// //	7	0.14 (14%)	22	0.44	37.72	264.04
38.22 - 39.22	//	2	0.04 (4%)	24	0.48	38.72	77.44
39.22 - 40.22	//// ///	9	0.18 (18%)	23	0.66	39.72	357.48
40.22 - 41.22	//// //// //// //	17	0.34 (34%)	50	1	40.72	692.24
		50	1				Σ 1929

Tabla 3.4 Frecuencia para la miel final.

Leyenda:

ni - Frecuencia Absoluta.

fi - Frecuencia Relativa.

Ni - Frecuencia Absoluta Acumulada.

Fi - Frecuencia Relativa Acumulada.

Yi - Puntos Medios.

9. Se obtienen el promedio () y la mediana (Me)

$$= \frac{\sum(Yi * ni)}{n} = \frac{1929}{50} = 38.58$$

Me: para calcular la mediana en este caso se ordenan los datos de manera creciente y como es par el número de datos se suman los que están en el centro del ordenamiento y se dividen entre dos:

$$(39.38 + 39.39) / 2 = 39.385.$$

34.73	36.07	37.63	39.72	40.47	40.86
35.4	36.13	37.83	39.79	40.5	40.93
35.41	36.15	38.04	39.81	40.54	41.02
35.45	36.82	38.6	39.9	40.55	41.1
35.52	36.92	38.73	40.08	40.58	41.17
35.6	37.17	39.37	40.13	40.64	
35.74	37.22	39.38	40.44	40.69	
35.79	37.41	39.39	40.45	40.73	
35.85	37.59	39.58	40.46	40.75	

El Histograma aparece planteado en la **figura 3.5**

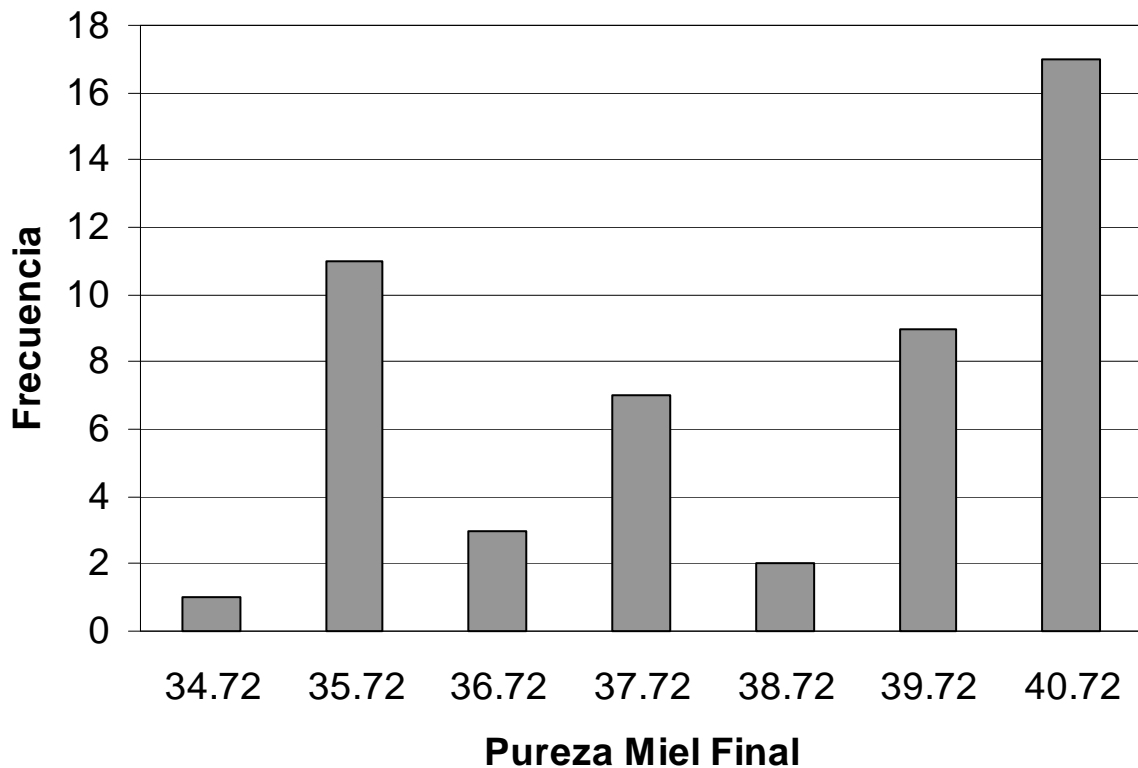


Figura3.4 Histograma de la Pureza de la Miel Final.

3.6.3 Interpretación del Histograma

Al analizar el comportamiento de la pureza de la miel final se puede apreciar la alta variabilidad existente entre los diferentes valores de pureza que se obtuvieron en el período analizado quedando parte del histograma fuera de las especificaciones, el comportamiento de las barras tampoco es simétrico y se observa la existencia de picos debido al aumento y disminución bruscas de la frecuencia todo lo cual indica la existencia de situaciones o comportamientos especiales en el proceso.

Así con base en el histograma graficado es evidente que el proceso tiene más variabilidad de lo tolerable y, dado el tamaño de la muestra también es un proceso

descentrado. Debe primeramente centrarse el proceso y después disminuir su variabilidad.

La realización del histograma permite demostrar que aunque la media y la mediana están cerca de las especificaciones no son valores fiables para analizar el comportamiento de un proceso determinado. A menudo en muchas empresas se confía ciegamente en el promedio de los valores de cualquier característica de calidad, desconociendo que existen herramientas que permiten conocer el comportamiento real del proceso y que como el histograma son fundamentales para analizar un conjunto de datos.

3.6.4 Diagrama de Pareto

No se aplicará esta herramienta pues ya que en las producciones de los últimos dos años no existen niveles de producciones no conformes que sean significativos que permitan aplicarla:

- ◆ Año 2006: 150 ton. (0.71 %).
- ◆ Año 2007: 100 ton. (0.45 %).

Conclusiones Parciales

- ◆ Las Herramientas a utilizar para el control del proceso de Fabricación de Azúcar son los Gráficos de control de \bar{x} – R, el Histograma y el Diagrama de Pareto, este último como opción para cuando existan grandes volúmenes de producción no conformes.
- ◆ Por las características del proceso no es posible emplear los gráficos de control por atributos para variables discretas en el control del proceso.
- ◆ La validación retrospectiva de las herramientas de calidad demuestra la necesidad urgente de la implantación de estas herramientas para el control del proceso de fabricación de azúcar crudo.

Conclusiones

Conclusiones

- ◆ Mediante el desarrollo del diagnóstico se pudo clasificar y caracterizar el proceso de producción de azúcar crudo, así como analizar de forma crítica el proceso y la validez de los puntos críticos establecidos hasta lograr realizar los diagramas de flujo de dicho proceso.
- ◆ El trabajo con todo el Esquema de Control resulta muy engorroso por lo extenso del mismo, por lo que para la aplicación de las Herramientas se seleccionan cinco puntos críticos y dentro de ellos los parámetros que más incidencia tienen sobre la marcha normal del proceso productivo.
- ◆ Para el control del proceso de fabricación de azúcar crudo se establece que las Herramientas de Calidad estadística que deben usarse es el Gráfico de control de
 - R, el Histograma y con el objetivo de facilitar información para la mejora se debe emplear el Diagrama de Pareto.

Recomendaciones

Recomendaciones

- ◆ Se recomienda a la Administración de la Empresa Azucarera la implantación inmediata de los resultados de este trabajo, así como ampliarlo a otras áreas de dicha empresa que estén en condiciones de implantarlo.

Bibliografía

Bibliografía

1. Báez, Rosayda. Herramientas de Calidad para el Control de Proceso de Producción del Ingrediente Farmacéutico Activo G-1. Trabajo de Diploma. 2006.
2. Colectivo de Autores. Manual de Fabricación de Azúcar. Edición 1997.
3. Cospin, O. Folleto de las Siete Herramientas para solucionar problemas estadísticos de la Calidad. De. Ite3cap.2002.
4. Esquema de Control para la Empresa Azucarera "Ifraín Alfonso". 2007.
5. Gutierrez, H. Calidad Total y Productividad. Editorial Mexicana, 1997.
6. Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad. ED. Norma A. 2^{da} edición. 2002
7. <http://www.aiteco.com/dflujo.htm>.
8. <http://www.aiteco.com/dispersa.htm>.
9. <http://www.aiteco.com/dmatriz.htm>.
10. <http://www.aiteco.com/estratif.htm>.
11. <http://www.aiteco.com/grafcon.htm>.
12. <http://www.aiteco.com/hhvv.htm>.
13. <http://www.aiteco.com/histogra.htm>.
14. <http://www.aiteco.com/ishikawa.htm>.
15. <http://www.aiteco.com/pareto.htm>.
16. <http://www.aiteco.com/tormenta.htm>.
17. <http://www.gestiopolis.com/canalesgerenciales/articulos/Go/concalidad.htm>.
18. <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapar.htm>.
19. <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/genercal.htm>.
20. <http://www.monografia.com/trabajos5/fami/fami.Shtml>.
21. <http://www.monografia.com/trabajos6/diop/diop.Shtml>.

22. <http://www.gestiopolis.com/canales5/fin/disepronos.htm>.
23. Juran, J. Manual de la Calidad. 2^{da} edición. Editorial Reverte. Barcelona.
24. Juran, J. Manual de la Calidad. 4^{ta} edición.
25. Vilar, José F. Las siete nuevas herramientas para la mejora de la Calidad. 2^{da} edición. 2002.
26. NC. Gráfico de Control de Shewhart. ISO 8258:2002 (Publicada por la ISO, 1991, IDT).
27. NC ISO:2005. Sistema de Gestión de la Calidad, Fundamentos y Vocabulario.
28. NC 85:2006. Azúcar Crudo de Caña. Especificaciones.
29. Rodríguez, A. y col. Control de la Calidad, Ciudad de la Habana. 1985.
30. Sistema de Trabajo de la Empresa Azucarera "Ifraín Alfonso". 2007.

Anexos

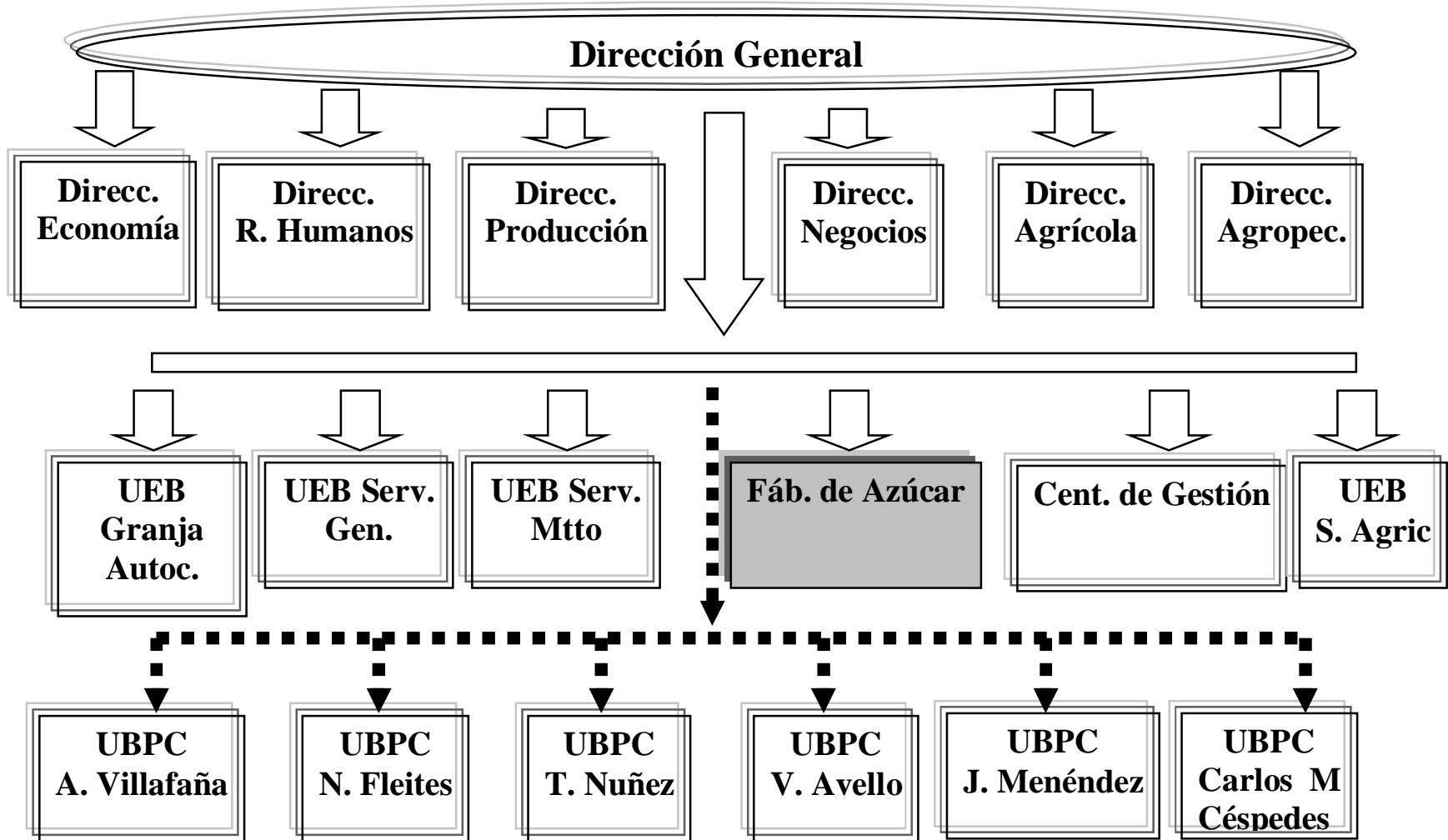
Anexo 1

Evolución histórica del concepto de calidad

Etapa	Concepto	Finalidad
Artesanal	Hacer las cosas bien independientemente del coste o esfuerzo necesario para ello.	<ul style="list-style-type: none">◆ Satisfacer al cliente.◆ Satisfacer al artesano, por el trabajo bien hecho◆ Crear un producto único.
Revolución Industrial	Hacer muchas cosas no importando que sean de calidad (Se identifica Producción con Calidad).	<ul style="list-style-type: none">◆ Satisfacer una gran demanda de bienes.◆ Obtener beneficios.
Segunda Guerra Mundial	Asegurar la eficacia del armamento sin importar el costo, con la mayor y más rápida producción (Eficacia + Plazo = Calidad)	<ul style="list-style-type: none">◆ Garantizar la disponibilidad de un armamento eficaz en la cantidad y el momento preciso.
Posguerra (Japón)	Hacer las cosas bien a la primera	<ul style="list-style-type: none">◆ Minimizar costes mediante la Calidad◆ Satisfacer al cliente◆ Ser competitivo
Postguerra (Resto del mundo)	Producir, cuanto más mejor	<ul style="list-style-type: none">◆ Satisfacer la gran demanda de bienes causada por la guerra
Control de Calidad	Técnicas de inspección en Producción para evitar la salida de bienes defectuosos.	<ul style="list-style-type: none">◆ Satisfacer las necesidades técnicas del producto.
Aseguramiento de la Calidad	Sistemas y Procedimientos de la organización para evitar que se produzcan bienes defectuosos.	<ul style="list-style-type: none">◆ Satisfacer al cliente.◆ Prevenir errores.◆ Reducir costes.◆ Ser competitivo.
Calidad Total	Teoría de la administración empresarial centrada en la permanente satisfacción de las expectativas del cliente.	<ul style="list-style-type: none">◆ Satisfacer tanto al cliente externo como interno.◆ Ser altamente competitivo.◆ Mejora Continua.

Anexo 2

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA AZUCARERA "IFRAIN ALFONSO"



Anexo 4

Datos para gráficos de – R de la zafra 2007.

Subgrupos	Bx Jugo Mezclado			Media	Rangos	
1	14.62	14.82	13.90	14.44	0.92	
2	13.65	13.85	13.72	13.74	0.20	
3	14.89	13.97	14.90	14.58	0.93	
4	13.36	14.60	14.27	14.07	1.24	
5	14.38	14.58	14.42	14.46	0.20	
6	13.97	14.15	14.25	14.12	0.28	
7	14.37	14.49	13.97	14.27	0.52	
8	13.32	13.90	13.63	13.61	0.58	
9	13.52	13.72	13.90	13.71	0.38	
10	12.76	13.45	13.53	13.24	0.77	
11	13.77	13.97	13.74	13.82	0.20	
12	13.36	13.89	13.92	13.72	0.56	
13	13.89	14.09	14.12	14.03	0.23	
14	13.98	14.10	14.80	14.29	0.82	
15	14.16	13.17	13.60	13.64	0.99	
16	13.78	14.69	13.55	14.00	1.14	
17	12.37	13.00	12.11	12.48	0.89	
18	13.87	13.94	13.98	13.93	0.11	
19	12.87	13.90	14.00	13.59	1.13	
20	14.10	12.94	12.70	13.24	1.40	
21	13.32	13.50	13.92	13.85	0.60	
				Promedio	13.84	0.67

Anexo 5

Factores para la construcción de las cartas de control

Tamaño de la muestra, n	Carta	Carta R		Estimación de
	A_2	D_3	D_4	d_2
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	1.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	36
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	0.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.608	3.640
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.180	0.415	1.585	3.735
25	0.153	0.459	1.541	3.931

Anexo 3
Esquema del flujo de producción

