

**CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO BAJO LA METODOLOGIA SEIS  
SIGMA APLICADO EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN ACEITE DE PALMA -  
OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.**

**ANGELA MARIA RAMIREZ CELIS  
COD 1985787**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2005**

**CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO BAJO LA METODOLOGIA SEIS  
SIGMA APLICADO EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN ACEITE - DE PALMA  
OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.**

**ANGELA MARIA RAMIREZ CELIS  
COD 1985787**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
Ingeniero Industrial**

**Director  
PIEDAD ARENAS DIAZ  
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2005**

## RESUMEN

**TITULO:** Control Estadístico del Proceso bajo la Metodología Seis Sigma Aplicado en el Proceso de Extracción Aceite de Palma Oleaginosas Las Brisas S.A. \*

**AUTOR:** RAMIREZ C Angela M<sup>a</sup> \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Control Estadístico, Seis Sigma, Índices de Capacidad, Proceso, Variables Críticas.

### DESCRIPCIÓN:

El proyecto se desarrollo en la Planta Extractora de la empresa Oleaginosas Las Brisas S.A. justificado en la necesidad de tomar decisiones con base en información confiable y oportuna, además teniendo en cuenta las consecuencias de la falta de control en el proceso productivo, las exigencias del mercado y la competencia del sector.

La metodología utilizada se basa en la Filosofía Seis Sigma que en este caso cuantifica la calidad en términos de cumplimiento de las condiciones de operación y de las especificaciones del mercado., además otras metodologías como Análisis de Criticidad y AMFE que permitieron la identificación de las variables críticas consideradas el objeto de estudio. El estudio se inicio con la descripción general de las variables del proceso posteriormente se identificaron las variables críticas, se definió la frecuencia y método de medición, se identificó el tipo de grafico de control de acuerdo al proceso productivo que se estaba analizando, se tomaron los datos y se calcularon los limites preliminares para iniciar el período de monitoreo de las variables críticas.

En el período de análisis de identificaron causas asignables, en equipo con el departamento de mantenimiento, operarios, laboratoristas se ejecutaron las acciones correctivas para eliminarlas, se elaboraron gráficos de control por último se calcularon índices de capacidad y el nivel sigma con el objeto de enfocar los esfuerzos y recursos en las operaciones que requieren de manera prioritaria una mejora.

Al culminar el estudio se concluyó que el proceso cumple con las especificaciones del cliente, pero deben enfocarse los esfuerzos hacia las condiciones de operación donde se obtuvieron índices de capacidad y niveles sigma poco aceptables. La metodología Seis Sigma se empleo como un complemento del CEP en el proceso de extracción de aceite de palma africana en la planta de Oleaginosas Las Brisas S.A.

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ing. Piedad Arenas

## SUMMARY

TITLE: Statistical control of the low Process the Applied Methodology Six Sigma in the Oleaginous Process of Extraction Palm oil The Breezes CORP. \*

AUTHOR: RAMÍREZ C Angela M<sup>a</sup> \* \*

PASSWORDS: Statistical control, Six Sigma, Capacities, Process, Critical Variables.

### DESCRIPTION:

The project you development in the Plant Extractora of the Oleaginous company The Breezes CORP. justified in the necessity of making decisions with base in reliable and oportune information, also keeping in mind the consequences of the control lack in the productive process, the demands of the market and the competition of the sector.

The utilized methodology is based on the Philosophy Six Sigma that quantifies the quality in terms of execution of the operation conditions in this case and of the specifications of the market., also other methodologies like Analysis of Criticidad and AMFE that allowed the identification of the considered critical variables the study object. The study you beginning with the general description of the variables of the process later on the critical variables were identified, you was defined the frequency and mensuration method, the type was identified of I of control according to the productive process that was analyzing, they took the data and they were calculated the you limit preliminary to begin the period of monitoring of the critical variables.

In the period of analysis of they identified assignable causes, in team with the maintenance department, operatives, laboratoristas was executed the stocks correctivas to eliminate them, control graphics were elaborated capacities and the level sigma lastly they were calculated in order to focusing the efforts and resources in the operations that require in a high-priority way an improvement.

When culminating the study you concluded that the process fulfill the specifications of the client, but the efforts should be focused toward the operation conditions where capacities and not very acceptable levels sigma were obtained. The methodology Six Sigma you employment as a complement of the CEP in the process of African palm oil extraction in the plant of Oleaginous The Breezes CORP.

\* Work of Grade

\* \* Ability of Engineerings Physique Mechanics. School of Industrial and Managerial Studies. Engineer Piedad Arenas

## DEDICATORIA

A mis Padres: *Hernando y María Isabel*

No existen palabras para agradecer el esfuerzo que hicieron para educarme. Hoy sólo tengo una inmensa satisfacción como hija, porque con unos padres como ustedes y con ese apoyo que siempre me han brindado puedo seguir adelante alcanzando mis metas.

Nunca Olvidare sus regaños, enojos y celos porque fueron base fundamental para formarme como una persona humilde y con principios.

Doy Gracias a Dios por haberlos escogidos como mis padres.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios, a mi familia. A todas las personas que durante esta etapa me apoyaron incondicionalmente. Profesores, Profesionales y Amigos. A todos ellos de corazón: Muchas Gracias.

Gracias a la Ingeniera PIEDAD ARENAS DIAZ, por su paciencia, colaboración y dedicación; por enseñarme con sencillez el camino y llevarme hasta el final.

Gracias a Oleaginosas Las Brisas S.A. Empresa Agro-Industrial por abrirme sus puertas y permitirme aplicar los conocimientos que adquirí en las aulas de clase.

Mil Gracias a:

Ing. LEON DARIO URIBE; Gerente General Oleaginosas Las Brisas S.A. Por darme la oportunidad de formar parte del equipo de trabajo de la Planta Extractora.

Ing. MIGUEL GUZMAN, Director Agro-Industrial, por su apoyo incondicional.

Señor LUIS MANUEL VILLARREAL, Jefe Planta Extractora.

Señor GUSTAVO PEDROZO, Jefe Mantenimiento

Señor MIGUEL ALBERTO SIBAJA, Jefe de Proceso y a todo el personal de la planta extractora (Operarios, Mecánicos, Laboratoristas, Aprendices SENA) por su incondicional colaboración.

## GLOSARIO

**PICOS:** Inyección directa de vapor en el autoclave hasta lograr inyección 30 psi.

**EXPANSIÓN:** Evacuación del vapor para eliminar cúmulos de aire frío. Duración aproximada 2 a 3 minutos.

**CEP:** Control Estadístico de Proceso

**RFF:** Racimos Fruto Fresco

**CONDENSADOS:** Desecho líquido de la operación de esterilización y caldera.

**DILUCIÓN:** Relación entre la cantidad de aceite y la cantidad de agua (volumétrica) en el aceite crudo antes de ser clarificado.

**EFLUENTE:** Composición completa de todos los desechos líquidos y orgánicos biodegradables del proceso de extracción de aceite en la planta extractora.

**DUMPER:** Compuerta o lámina móvil, ubicada en el interior del ducto.

**SILO:** Recipiente de gran volumen para almacenamiento temporal de materiales

**PCR:** Índice de capacidad del proceso

**PPM defectuosas:** Partes por millón defectuosas

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES DEL PROYECTO</b>	<b>3</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>1.2 ALCANCE</b>	<b>4</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	<b>5</b>
<b>2.1 MISIÓN</b>	<b>6</b>
<b>2.2 VISIÓN</b>	<b>7</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>	<b>8</b>
<b>3.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO</b>	<b>8</b>
<b>3.1.1 Productos</b>	<b>8</b>
<b>3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	<b>9</b>
<b>3.2.1 Operación esterilización</b>	<b>10</b>
<b>3.2.1.1 Ciclo Esterilización</b>	<b>11</b>
<b>3.2.2 Operación Desfrutación</b>	<b>12</b>
<b>3.2.2.1 Pérdidas de aceite en la desfrutación</b>	<b>12</b>
<b>3.2.3 Operación Digestión</b>	<b>14</b>
<b>3.2.4 Operación Prensado</b>	<b>16</b>
<b>3.2.4.1 Pérdidas de Aceite en el Prensado</b>	<b>17</b>
<b>3.2.5 Operación Clarificación</b>	<b>18</b>
<b>3.2.5.1 Fundamentos de la Clarificación</b>	<b>18</b>
<b>3.2.6 Operación Palmistería</b>	<b>20</b>
<b>3.2.6.1 Descripción del Proceso</b>	<b>20</b>

<b>4. MARCO TEORICO</b>	<b>23</b>
<b>4.1 CONCEPTOS ESTADISTICOS</b>	<b>23</b>
4.1.1 Características de Calidad	23
4.1.2 Media	23
4.1.3 Desviación Estándar	23
4.1.4 LE Límites de Especificación	24
4.1.5 Límite de Control	24
4.1.6 Variabilidad Natural	25
4.1.7 Causas Aleatorias de Variación	25
4.1.8 Causas Asignables de Variación	25
<b>4.2 GRAFICOS DE CONTROL</b>	<b>26</b>
<b>4.3 AMFE</b>	<b>29</b>
4.3.1 Tipos de AMFE	29
4.3.2 AMFE para proceso	30
4.3.3 Metodología	31
<b>4.4 SEIS SIGMA</b>	<b>35</b>
4.4.1 Origen	36
4.4.2 Aplicación	37
4.4.3 Determinación Nivel Sigma	37
4.4.4 Metodología DMAMC	38
<b>5. DIAGNOSTICO SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>40</b>
<b>5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>40</b>
<b>5.2 DEFINICIÓN VARIABLES PROCESO EXTRACCIÓN</b>	<b>41</b>
<b>5.2.1 VARIABLES Y ATRIBUTOS PROCESO EXTRACCIÓN</b>	<b>41</b>
<b>5.2.2 CONDICIONES ÓPTIMAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN</b>	<b>41</b>
5.2.2.1 Esterilización	42
5.2.2.2 Desfrutamiento	42
5.2.2.3 Extracción	43

5.2.2.4 Clarificación	43	
5.3 ANALISIS DE CRITICIDAD	44	
5.3.1 ALCANCE Y OBJETIVO	45	
5.3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN		45
5.3.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN	46	
5.3.3.1 Encuesta para el Análisis de Criticidad	46	
5.4 AMFE PARA VARIABLES	49	
5.5 RESULTADOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD	52	
5.6 RESULTADOS AMFE	54	
5.7 MEDICIÓN Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	56	
5.8 IDENTIFICACIÓN TIPO GRAFICO DE CONTROL	57	
5.9 TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS	58	
5.10 CÁLCULO PARÁMETROS Y DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONTROL	59	
5.10.1 Prueba Hipótesis Desviación Típica	60	
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	64	
6.1 PRESIÓN	65	
6.2 Tº CONDENSADOS	66	
6.3 Tº DIGESTORES	66	
6.4 DILUCIÓN	67	
6.5 Tº CLARIFICADOR	68	
7. ÍNDICE DE CAPACIDAD	70	
7.1 PRESIÓN	75	
7.2 Tº CONDENSADOS	76	
7.3 Tº DIGESTORES	77	
7.4 DILUCIÓN	78	
7.5 Tº CLARIFICADOR	79	
7.6 ACIDEZ	80	
7.7 HUMEDAD	81	

<b>8. DETERMINACIÓN DEL NIVEL SIGMA</b>	<b>82</b>
<b>9. PLAN DE ACCIÓN</b>	<b>86</b>
<b>9.1 COMITÉ CONTROL PROCESO</b>	<b>87</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>97</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>101</b>

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Niveles de Sigma
- Tabla 2. Variables y Atributos del Proceso de Extracción
- Tabla 3. Tiempo Ciclo Esterilización
- Tabla 4. Criterios Análisis Criticidad
- Tabla 5. Criterios AMFE
- Tabla 6. Resultados Análisis Criticidad
- Tabla 7. Frecuencia para los NPR obtenidos del AMFE
- Tabla 8. Resultado Análisis de las frecuencias
- Tabla 9. Variables Críticas del Proceso
- Tabla 10. Variables Producto Final
- Tabla 11. Frecuencia de Muestreo para las variables
- Tabla 12. Prueba Chi Cuadrado
- Tabla 13. Parámetros del proceso y límites de control Variables
- Tabla 14. Parámetros y Límites de Especificación
- Tabla 15. Índice de Capacidad de las Variables Críticas del Proceso
- Tabla 16. Nivel Sigma y ppm (def) para variables
- Tabla 17. Descripción Aplicación Metodología Seis Sigma
- Tabla 18. Acta Comité

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Ciclo Esterilización

Figura 2. Ley de Arquímedes

Figura 3. Ilustración Gráfico de Control

Figura 4. Metodología DMAMC

Figura 5. Diagrama de Barras

Figura 6. Diagramas Control Estadístico de Proceso

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Flujo Esquemático del Proceso de Extracción de Aceite y de Almendra de Palma

Anexo B. Encuesta Análisis de Criticidad

Anexo C. Formato AMFE

Anexo D. Prueba de Normalidad

Anexo E. Resultados y Gráficos de Control

Anexo F. Verificación Normalidad para calcular Índice de Capacidad

Anexo G. Diseño Experimentos Dilución

Anexo H. Diagrama Actividad CEP

Anexo I. Diapositivas Plan de Capacitación

Anexo J. Material Capacitación (Cartilla)

Anexo K. Plan de Capacitación

Anexo L. Reistros

## INTRODUCCIÓN

La palma de aceite ha logrado una importante representación en la economía colombiana, por su aporte a la producción, la generación de empleo, al desarrollo regional y a las exportaciones. Desde hace décadas el aceite de palma ha venido mejorando su participación en el mercado de las grasas y aceites vegetales y animales del mundo.

La cadena agroindustrial de la palma de aceite incluye múltiples procesos que permiten obtener el aceite crudo de palma, el aceite de palmiste y la torta de palmiste, a partir de los cuales se genera una amplia gama de productos finales. Industrialmente la extracción de aceite contenido en la pulpa y las almendras contenidas dentro de la nuez, se realiza en la planta de extracción, mediante efectos de presión, temperatura y procesos mecánicos.

El Control Estadístico de Procesos (CEP), utiliza una serie de metodologías, técnicas estadísticas y conceptos básicos de probabilidad para analizar la información resultante en los procesos industriales, controlando así la actuación de las variables influyentes con respecto a las metas u objetivos propuestos previamente en materia de calidad del proceso y del producto. En la empresa Oleaginosas Las Brisas las variables de mayor influencia en las operaciones, actualmente presentan dispersiones que deben reducirse para así contar con productos de mayor competitividad.

Este trabajo de grado proporciona a todo el personal de la planta a través del monitoreo de las variables empleando las gráficas de control un principio de actuación basado en datos precisos y objetivos, que permita identificar en qué ocasión la fluctuación corresponde a una causa asignable, esto garantiza que

los esfuerzos se enfoquen en eliminar la raíz de la fluctuación, implementando acciones concretas y de esta manera previniendo eventos que puedan afectar el proceso. La familiarización del personal con el control del proceso es otro aporte significativo del desarrollo del proyecto.

El objetivo es desarrollar un diagnóstico de las variables críticas del proceso de extracción así como herramientas para monitorearlas con base en la metodología Seis Sigma. Adicionalmente persigue la obtención de herramientas de apoyo en el proceso de la planta extractora.

## **1. GERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1. OBJETIVOS**

#### **GENERAL**

Implementar el Control Estadístico en el proceso de extracción de la empresa Oleaginosas Las Brisas S.A. con el fin de proporcionar a los Ingenieros, Supervisores, operarios encargados de la producción, criterios de control confiables que permitan identificar condiciones anormales, eliminar fuentes de variación y conocer el comportamiento real de las operaciones.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Realizar un diagnóstico del comportamiento actual del proceso de extracción.
- ❖ Identificar las variables críticas en el proceso de extracción de aceite
- ❖ Diseñar herramientas metodológicas que permitan el monitoreo de las variables críticas en el proceso.
- ❖ Establecer los índices de capacidad del proceso de extracción aceite de palma en la empresa Oleaginosas Las Brisas S.A.
- ❖ Diseñar y ejecutar un programa de capacitación de acuerdo a los resultados obtenidos.

## **1.2. ALCANCE**

Este proyecto se realiza con la finalidad de proporcionar criterios de control confiables que permitan identificar condiciones anormales, así como conocer el estado actual y medir el comportamiento de las operaciones críticas. Incluyendo la identificación de las variables, el diseño de gráficos de control y herramientas estadísticas, que permitirán el monitoreo de cada una de las variables. Un análisis de los índices de capacidad del proceso y la capacitación del personal en la aplicación de la metodología y las herramientas.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La globalización exige el crecimiento de las empresas del sector agroindustrial, con el fin de ser altamente competitivas y ofrecer productos de calidad. La ausencia de control en el proceso de extracción de aceite conlleva a las siguientes consecuencias: incremento en las pérdidas, inferencia en la calidad del producto, paradas en el proceso bajo rendimiento en la planta extractora. Por tal razón es conveniente el uso de herramientas y metodologías estadísticas con la finalidad de identificar las fuentes de variabilidad para el control y posterior reducción de las pérdidas a través de análisis y acciones concretas resultantes de planes de mejoramiento.

Este proyecto se justifica por la necesidad de tomar decisiones con base en la información confiable y oportuna, que ofrece la aplicación de herramientas estadísticas en el control de calidad. Además, permite la participación del personal con experiencia en los procesos de mejoramiento continuo.

## 2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La empresa ***PALMAS OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A. NIT. 890.902.733-6*** es una empresa agroindustrial dedicada al cultivo y explotación de la Palma de Aceite; ubicada en el municipio de Puerto Wilches jurisdicción de Puente Sogamoso. Perteneciente a las empresas de la zona central junto a Palmas Bucarelia, Palmas del Cesar, Palmeras de Puerto Wilches, Palmeras Monterrey, Indupalma, Agrícola del Norte.

Las primeras siembras de Brisas se datan en 1966, en 1968 el Señor Alberto Gutiérrez en sociedad con Mister Low, instalaron la planta extractora llamada “La Pela pollo” que consistía en cocinar el fruto a vapor generado por una caldera que funcionaba con leña, en canecas con capacidad de 1 tonelada, luego pasaba en forma manual a una desgranadora y de allí se prensaba en forma empírica para extraer el aceite, este era empacado en canecas de 55 galones y llevados a la estación del ferrocarril para transportarlo a su sitio de refinación.

En la década de los 80 la empresa aumenta considerablemente el número de hectáreas sembradas.

En los años 1986-1988, se da un paso importante para la región, la empresa a través de un acuerdo laboral vinculó de manera directa con contratos a término indefinido, alrededor de 200 personas.

Más tarde a finales de la década de los 90, la empresa entra en una etapa importante, como es la renovación de parte del cultivo; por su avanzada edad las palmas han alcanzado una altura que dificulta la cosecha del fruto. Se realizó la siembra de semillas mejoradas, asegurando de esta manera su permanencia en el mercado y garantizando estabilidad laboral y económica para la comunidad.

La planta extractora contaba con una capacidad de 10 ton / h; en el año 1991 se llevo a cabo la ampliación de la capacidad del proceso a 15 ton / h. y actualmente se están ejecutando las obras correspondientes al proyecto de ampliación de la planta extractora de 15 Ton / h a 25 ton / h.

En la Plantación laboran aproximadamente 300 trabajadores directos y otros 300 indirectos contratados a través de Cooperativas de Trabajo asociado, actualmente cuenta con una extensión de 3000 hectáreas.

Desde 1999 hasta la fecha el Ingeniero León Darío Uribe se desempeña como gerente de la empresa; hombre reconocido por su sencillez y colaboración.

Hoy día esta plantación pertenece a la familia Restrepo de Manizales dueños de la Organización Casa Luker.

## **2.1. MISION<sup>1</sup>**

“Nuestra empresa es una organización Agroindustrial que cultiva la palma africana y procesa su fruto, con el propósito de producir a costos razonables aceite y subproductos de la mejor calidad posible, con aporte eficiente de todos sus trabajadores y colaboradores a fin de satisfacer los requerimientos del mercado, del estado, de sus accionistas y propender por el mejoramiento del nivel de vida de nuestro personal y de la comunidad.”

## 2.2. VISION<sup>1</sup>

“Nuestro gran Propósito es conservar y desarrollar una empresa financiera y socialmente vigorosa, basada en el progreso de la gente, inspirada en la filosofía del mejoramiento continuo, y proyectada al desarrollo de la región y de la comunidad donde operamos.”

<sup>1</sup> Fuente: Documento Reseña Histórica .Dpto. Gestión Humana Oleaginosas Las Brisas S.A.  
Fuentes Testimoniales Luis García Supervisor, Jairo Méndez Pensionado

### **3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

#### **3.1. GENERALIDADES DEL PRODUCTO**

##### **3.1.1. PRODUCTOS**

Palmas Oleaginosas Las Brisas S.A. produce Aceite crudo de palma y Almendra de palmiste. Adicionalmente del proceso de extracción de aceite de palma se obtienen productos secundarios tales como: tusas, aguas lodosas, cuescos y torta de palmiste.

El aceite de palma es sólido a temperaturas ambientes en un clima templado (18° – 24 °C). A temperaturas tropicales (25° – 28° C) es un fluido con ciertas fracciones retenidas en forma cristalina. Al sedimentarse hay una sección clara líquida (oleína) y una base cristalina fluida (estearina).

El aceite de palma se consume en todo el mundo como aceite de cocinar, para freír, en panadería, pastelería, confitería. Además se utiliza ampliamente como materia prima para la elaboración de jabones y detergentes, grasas lubricantes y secadores metálicos, destinados a la producción de pintura, barnices y tintas.

Además los productos secundarios se usan de la siguiente forma: las tusas se emplean como fertilizantes, combustible para calderas, materia prima para producir pulpa de papel o para la obtención de alcohol etílico; las aguas lodosas pueden servir como fertilizantes o para producir biogás de

uso doméstico; el cuesco tiene un alto poder calorífico y se puede emplear como combustible y mediante un proceso adicional produce carbón vegetal, ácido piroleñoso, breas y carbón activado.

### **3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO.**

El proceso de extracción de aceite y de almendra del fruto se realiza en la Planta Extractora, donde a través de diferentes etapas se lleva a cabo la separación de estos dos productos.

La primera etapa del proceso es la recepción del fruto proveniente del campo, este se descarga en tolvas acondicionadas para este propósito; los frutos se almacenan en vagonetas las cuales son transportadas sobre rieles hacia el esterilizador, donde se lleva a cabo la siguiente etapa: la esterilización del fruto por medio de vapor saturado directo a 40 psi y 134 ° C en cilindros horizontales o autoclaves durante un tiempo promedio de 80 a 90 minutos, este paso es con el fin de inactivar la enzima (lipasa) causante del desdoblamiento de la unión de los frutos con su soporte y en consecuencia del aumento de los ácidos grasos libres del aceite crudo (acidez) , además, se logra el ablandamiento de la unión de los frutos con su soporte natural del racimo ( raquis o tusa), a deshidratación de la almendra dentro de la nuez y disminuir la resistencia de los tejidos de la pulpa para lograr el fácil rompimiento de las celdas de aceite durante el proceso de digestión y prensado. Una vez esterilizados los racimos, se continúa con el desfrutado de los racimos en un tambor desfrutador acondicionado con paletas y ángulos que separan el fruto de la tusa cuando éste gira en su interior, las tusas se descargan por una banda fuera del proceso donde se inspecciona el % de racimos mal desgranado y los frutos son trasladados hasta los digestores donde se les aplica vapor directo y

son macerados hasta lograr la separación del mesocarpio de la nuez y el rompimiento de las células oleicas formando una masa homogénea apta para prensar. El prensado se realiza con prensas de tornillos sin fin en una canasta; la masa es comprimida en contraposición de un cono metálico separando el aceite crudo de la torta de prensado, compuesta por fibras, cáscaras y nueces. El aceite crudo es clarificado a 90 ó 95 °C para retirar las impurezas vegetales, arena y agua; esta etapa se lleva a cabo en clarificadores estáticos o dinámicos. La torta de prensado se seca y se separan las nueces de la fibra; la fibra va como combustible para la caldera y las nueces a Palmistería, donde se les extrae la almendra o palmiste de la cuál se obtiene también aceite. En el Anexo A se presenta el Diagrama de Flujo Esquemático del Proceso de Extracción de Aceite y de Almendra de Palma.

A continuación se describe detalladamente cada una de las operaciones del proceso de extracción. Tomada de las conferencias del Ing Guillermo A. Bernal y el Manual Planta Extractora de la Empresa.

### **3.2.1 OPERACIÓN ESTERILIZACIÓN**

La esterilización se efectúa en autoclaves cilíndricas horizontales con un diámetro de 1700 mm, una puerta y un par de rieles internos sobre los cuales se desplazan las vagonetas o canastas hechas en lámina de acero, con perforaciones en el fondo.

El consumo de vapor en la esterilización es de aproximadamente 180 Kg. /Ton de racimos con un solo pico de expansión, este consumo se ve incrementado por el número de picos.

### 3.2.1.1 CICLO ESTERILIZACIÓN

El ciclo completo de esterilización comprenden los siguientes pasos:

**Desaereación:** Consiste en inyectar vapor lentamente con el fin de empujar el aire hacia abajo y evacuarlo por las líneas de condensados.

**Ascenso y expansión en un primer y segundo pico:** Se realizan con el objeto de expulsar el aire residual que haya podido quedar en el esterilizador. No es recomendable disminuir la presión hasta cero sino hasta cinco psi durante estas expansiones, ya que podría ingresar nuevamente aire al equipo.

**Sostenimiento:** En este paso es donde realmente se alcanzan los objetivos de la esterilización. La presión y el tiempo utilizados en el sostenimiento dependen del grado de madurez de los frutos.

En la figura No. 1 se describe el ciclo de esterilización.

**Expansión final y operaciones de descargue y cargue del esterilizador.**

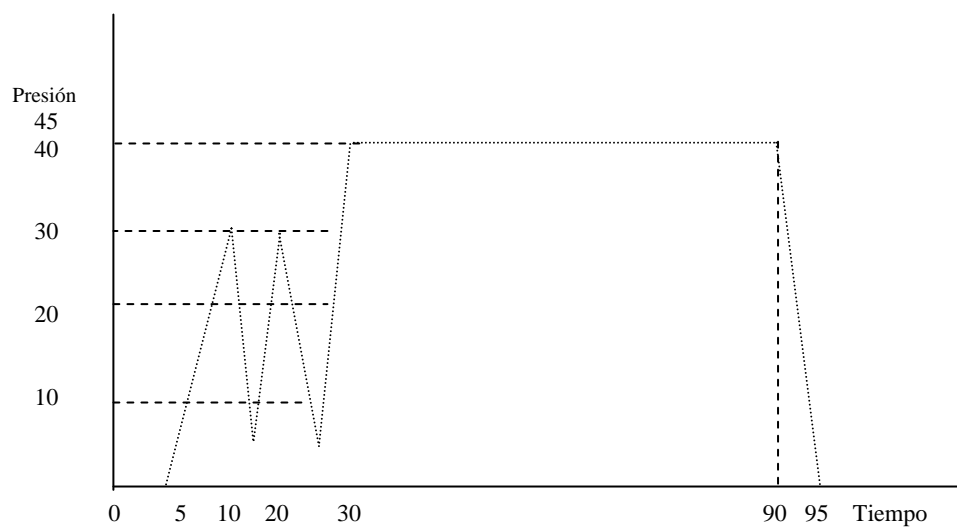


Figura 1. Ciclo de Esterilización  
Fuente: Cenipalma

Para que el proceso sea verdaderamente efectivo debe realizarse “en seco” o sea cuidando de que haya una purga permanente de condensados durante todo el tiempo del proceso. Para fijar el tiempo como la presión (temperatura) es necesario tener en cuenta.

- ❖ Los resultados de la desfrutación (frutos en el raquis vacíos)
- ❖ El aspecto de las almendras (porcentaje de almendras oscuras lo que indicaría exceso en la esterilización)
- ❖ El contenido de aceite en los raquis y en las aguas de drenaje de los esterilizadores.

### **3.2.2 OPERACIÓN DESFRUTACIÓN**

El segundo tratamiento al cual son sometidos los racimos frescos de palma es el de la desfrutación. Esta tiene como objetivo la separación de los racimos esterilizados en frutos sueltos y raquis vacíos o tusas.

Si bien es cierto que la eficiencia del desfrutamiento no es del 100 %, esta se puede acercar al ideal mediante el uso de equipos y métodos de operación apropiados, teniendo cuidado de reducir al mínimo posible las pérdidas de aceite sobre los racimos vacíos o tusas.

#### **3.2.2.1 PÉRDIDAS DE ACEITE EN LA DESFRUTACIÓN**

Las pérdidas de aceite que se pueden presentar durante la etapa de desfrutación son:

Pérdidas de aceite debidas a la absorción en los racimos desfrutados o tusas.

El nivel de aceite impregnado en los racimos puede variar entre 0.6 % y 0.8% referido a los racimos frescos. Estas pérdidas dependen no solamente del método de esterilización adoptado sino también del tipo de desfrutador y su operación. La alimentación irregular del desfrutador puede causar un incremento en las pérdidas, debido a la sobrecarga temporal del equipo en ciertos momentos, y a la operación en vacío o con poca carga en otros momentos. El contacto prolongado entre racimos llenos de fruto y racimos vacíos o tusas permitirá que estos últimos absorban gran cantidad de aceite de los primeros.

Otro factor que produce una fuerte absorción de aceite por parte del raquis o tusa es el hecho de acumular más del contenido de una vagoneta en la tolva de alimentación del desfrutador: esto ocasiona el desplazamiento de los racimos esterilizados que quedan en la parte de abajo, los cuales sueltan aceite que también es en parte absorbido por las tusas.

Pérdidas debidas a los frutos que no han sido separados del racimo:

Las pérdidas de aceite debidas a los frutos no desprendidos del racimo se deben básicamente a los siguientes factores

- ❖ Comportamiento defectuoso del desfrutador
- ❖ Racimos verdes o enfermos
- ❖ Esterilización inadecuada.

### 3.2.3 OPERACIÓN DIGESTIÓN

Una vez los racimos han sido desfrutados, los frutos serán recalentados y el mesocarpio será desprendido de las nueces y macerado para ser preparado para la extracción por prensado. Esta etapa del proceso se efectúa en recipientes cilíndricos verticales provistos de un eje central con brazos de agitación y maceración.

El mesocarpio, llamado también pericarpio tiene un espesor que varía entre 4 y 8 mm de acuerdo con la variedad de fruto., posee una corteza externa que lo cubre y está conformado por un gran número de celdas que contienen aceite y que se encuentran pegadas, por medio de un cemento intercelular la una a la otra y a un esqueleto de fibras duras. Este cemento es de naturaleza péctica, originando una cantidad de pectinas libres las cuales se incrementan con la maduración de los frutos llegando a ser hasta un 4% de lo sólidos no aceitosos en el momento de la cosecha. El cemento intercelular de los frutos maduros es soluble en agua muy caliente (95° 100° C) y por tanto, el conjunto se puede desintegrar en grupos de celdas de aceite y material fibroso en la medida en que el cemento se disuelva.

En agua fría las pectinas no son solubles aunque permanezca un largo tiempo sumergidas en ella. Las celdas son de forma irregular y se encuentran completamente llenas de aceite.

El aceite calentado en el digestor reducirá considerablemente su viscosidad, por lo cual se facilitará su extracción por tener mayor circulación a través de los pequeños espacios llamados capilares, dentro de la torta en proceso de prensado. Entre menor sea la viscosidad del aceite, menores serán las pérdidas por residual de aceite en las fibras, se acostumbra agregar agua a la masa de frutos digerida en la descarga del

digestor. Dicha agua no debe, sin embargo agregarse al digestor mismo por el riesgo que se corre de que ella se emulsifique con el aceite, aumentando las pérdidas en las aguas lodosas de desecho.

Por la acción agitadora y de maceración del digestor las paredes de las celdas que contienen el aceite tienen a romperse de tal que el aceite se suelta espontáneamente y puede ser fácilmente expulsado fuera de las celdas rotas durante el proceso de extracción por presión. El aceite liberado en el digestor desciende a la parte inferior del recipiente y se procura separarlo de la masa de frutos a través de una caja con láminas perforadas ubicada en el conducto de descarga, por medio de una tubería. Si el aceite crudo liberado de las celdas en el digestor no se removiera, este actuaría como un lubricante, haciendo que los brazos maceradores perdieran más y más su agarre y entonces un gran número de celdas de aceite no serían rotas y luego durante el prensado, algunas de ellas probablemente no estallarían a pesar de la presión ejercida.

Los digestores comúnmente usados en las plantas de extracción de aceite de palma son recipientes cilíndricos con un eje rotatorio central al cual se encuentran montados algunos pares de brazos agitadores que ocasionan la maceración de los frutos. El tamaño del digestor debe corresponder con la capacidad de la prensa. Un requerimiento básico de una buena digestión es que el equipo debe operar completamente lleno. La altura de la masa de frutos determina la presión ejercida sobre la parte inferior de la misma y determina, por consiguiente, la fricción ejercida sobre la parte inferior de la misma y determina, por consiguiente, la fricción ejercida sobre la pulpa para desprenderla de las nueces y romper las celdas que contienen el aceite. Igualmente si dicha altura fuera insuficiente se reduce el tiempo de permanencia de los frutos en el digestor y origina resultados muy pobres en la extracción. Una forma de controlar el llenado es colocando un

amperímetro sobre una de las líneas de alimentación eléctrica del motor del digestor y vigilando que se mantenga una carga mínima fijada con antelación de acuerdo con la experiencia. La disminución de dicha carga puede ocurrir por un descenso en el nivel de llenado o también por desgaste excesivo de las paletas de maceración (que en caso deben ser cambiadas) o por ebullición eventual del líquido. Los digestores tienen interiormente, sobre la pared unas pequeñas paletas fijas que evitan que la masa gire junto con los brazos agitadores,

El buen estado de los brazos de maceración es muy importante para obtener una buena digestión. Deben por lo tanto, efectuarse revisiones periódicas para reemplazarlo en caso de uso excesivo.

Los frutos dentro del digestor deben alcanzar una temperatura de alrededor de 90 a 95 °C de tal forma a disminuir la viscosidad del líquido aceitoso y facilitar su evacuación durante el prensado. Una temperatura mayor de 95°C no es conveniente pues el líquido se aproxima al punto de ebullición del agua, dando origen a burbujas de vapor que empujan hacia arriba el aceite impidiendo su caída libre, con lo cual se mantiene una lubricación de las paletas agitadoras y no permite el desgarramiento efectivo de todas las celdas oleaginosas.

### **3.2.4 OPERACIÓN PRENSADO**

Con la etapa de prensado se busca separar de la masa de frutos digerida la fracción líquida, compuesta por aceite de pulpa de palma y demás por agua y una cierta cantidad de sólidos que queden en suspensión en la misma.

### **3.2.4.1 PÉRDIDAS DE ACEITE EN EL PRENSADO**

#### **❖ Influencia de la composición del fruto**

El empleo de prensas hidráulicas manuales, equipadas con canastas de prensado de gran capacidad presenta buenos resultados en cuanto a pérdidas de aceite, cuando la torta obtenida en esta etapa tiene una composición de aproximadamente 65% de nueces y 35 % de fibras. Si el porcentaje de nueces en la torta aumenta hasta valores de 75% o más, las pérdidas de aceite se van incrementadas. Esto se puede explicar, porque a medida que la presión sobre la torta aumenta, las nueces tienden a acomodarse dentro de la torta y a entrar en contacto entre ellas, transmitiendo a la fibra la fuerza ejercida por el equipo, pero dejando en la masa de fibras espacios libres entre las nueces que no son afectados suficientemente por la presión, generando así, un aumento en las pérdidas de aceite y en la proporción de nueces rotas.

En el caso en que el contenido de nueces en la torta disminuye, las pérdidas de aceite aumentan debido a que hay una alta resistencia a la fricción entre las fibras, lo cual dificulta la transmisión de la presión dentro de la torta.

#### **❖ Influencia del tamaño y forma de la torta**

Además de la relación entre nueces y fibras que componen la torta, los espacios libres que quedan durante el prensado dependen también del tamaño y forma de la torta. Con prensas cilíndricas de diámetros relativamente grandes, los espacios libres entre las nueces son más

pequeños que compresas de dimensiones relativamente pequeñas y formas complejas.

### 3.2.5 OPERACIÓN CLARIFICACIÓN

La clarificación es el proceso mediante el cual se separa y purifica el aceite del líquido extraído en las prensas, el cual contiene aceite, agua, lodos livianos (compuestos por pectinas y gomas) y lodos pesados (compuestos por tierra, arena y otras impurezas). Para lograr dicha separación, se aprovecha la característica de in miscibilidad entre el agua y el aceite.

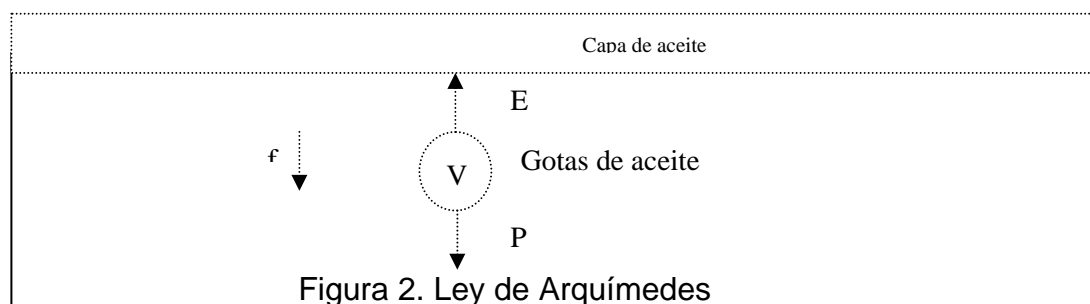
La clarificación se divide en dos partes:

- a. Clarificación estática (por decantación): en esta etapa se logra separar el 90% del aceite aproximadamente
- b. Clarificación dinámica (por centrifugación): en esta etapa se requiere movimiento por fuerza centrífuga para obtener la separación, con una recuperación de alrededor del 10 % de aceite.

#### 3.2.5.1. Fundamentos de la Clarificación

Las gotas de aceite se separan del agua obedeciendo la ley de Arquímedes:

“Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje hacia arriba que es igual al peso del volumen del fluido desalojado”



Donde,

$$E : \text{Fuerza de empuje} = Vx\rho_{\text{agua}}$$

$$P : \text{Peso de la gota de aceite} = Vx\rho_{\text{aceite}}$$

$$f = \text{fuerza de fricción}$$

$$V = \text{volumen de la gota de aceite}$$

$$\rho_{\text{agua}} = \text{densidad del agua}$$

$$\rho_{\text{aceite}} = \text{densidad del aceite}$$

Debido a que la densidad del aceite es menor que la del agua, la fuerza P es menor que la fuerza E, por lo tanto la gota siempre tiende a subir; pero existe una tercera fuerza llamada fricción, la cual se define como el esfuerzo de arrastre que hace el medio para evitar que la gota suba. A medida que la fricción aumenta, la fuerza con la que sube la gota disminuye, impidiendo la separación.

La magnitud de la fricción depende principalmente de dos factores que deben tenerse en cuenta para controlar esta fuerza durante la clarificación y lograr una separación rápida y eficiente:

- a. Temperatura: Influye inversamente en la viscosidad ( grado de fluidez), y esta a su vez influye directamente en la fricción así:

Temperatura alta → Viscosidad baja → Fricción baja → La gota sube

Temperatura baja → Viscosidad alta → Fricción alta → La gota No sube

La temperatura solo puede incrementarse hasta 95° C para evitar la ebullición del agua, la cual ocasiona turbulencia dentro del clarificador, impidiendo la separación.

b. Dilución: Influye inversamente en la viscosidad, la cual, a su vez influye directamente en la fricción así:

Dilución alta ► Viscosidad baja ► Fricción baja .....► La gota sube  
Dilución baja ► Viscosidad alta ► Fricción alta .....► La gota No sube

Sin embargo los lodos livianos tienen una densidad similar a la del aceite y por lo tanto cuando la dilución es muy alta, estos tienden a subir con el aceite. Para evitar este inconveniente se debe regular la cantidad de agua en la dilución hasta llegar a una determinada concentración de lodos, de modo que no suban con el aceite. Los sólidos presentes en el medio acuoso deben estar en el orden de 5.5 % en peso.

### **3.2.6 OPERACIÓN PALMISTERIA**

La sección de recuperación de almendras o “palmistería” tiene por objeto efectuar la ruptura de la cáscara de las nueces y obtener la recuperación de las almendras también denominadas en forma general como “palmiste”.

#### **3.2.6.1. Descripción del Proceso**

La torta descargada por las prensas, después del proceso de extracción es transportada hacia la columna de desfibración y a la vez desmenuzada en un transportador sinfín del tipo de paletas. En este transportador la torta sufre, además, un cierto grado de secado para facilitar la desfibración.

El secado se obtiene sobre todo por evaporación espontánea de la humedad, teniendo en cuenta que en condiciones normales y bien controladas del proceso, la torta sale muy caliente de la prensa y al descargarse se descomprime y se seca relativamente rápido, con la ayuda de las paletas que la agitan y desmenuzan.

La torta de prensado está compuesta esencialmente de nueces enteras y de fibras, pero también de alguna cantidad de almendras y cáscaras rotas durante el proceso de extracción: de hecho se admite un máximo de entre 10 y 15% de nueces rotas en la torta y si se sobrepasa esta cifra, es necesario ajustar la presión en las prensas para reducir el porcentaje.

Las fibras se separan de las nueces en un equipo desfibrador que consiste de una columna vertical hueca, por la cual circula una corriente de aire a la cual se le puede ajustar la velocidad. Las fibras se separan de las nueces (enteras y rotas), a una velocidad de alrededor de 8 a 12 m/s. Las nueces separadas en la columna de desfibración caen hacia un tambor llamado "pulidor" en el cual por fricción entre ellas y con la pared del tambor que está equipada con unas paletas orientables, se les desprenden las fibras que aún les quedan adheridas y que se separan con la misma corriente de aire de la columna neumática que primero pasa por el tambor entrando por el extremo por el cual se descargan las nueces.

Las nueces separadas y pulidas se llevan a unos silos de almacenamiento, de ahí se alimentan hacia un tambor clasificador por tamaños provisto de láminas con perforaciones de tamaño adecuado que permite el paso de nueces.

Cada lote de nueces se tritura en los molinos llamados "*rippel mill*", lo que se busca es romper la totalidad de las nueces sin causar la rotura de las almendras contenidas en ellas.

La mezcla de almendras, cáscaras y polvo descargada de cada uno de los molinos se lleva por medio de un transportador sinfín hacia una columna doble de separación neumática, es decir donde se hace una separación de las almendras del resto de los componentes de la mezcla por medio de una corriente de aire aspirada por un ventilador.

## 4 MARCO TEORICO

### 4.1 CONCEPTOS ESTADISTICOS

**4.1.1 Características De Calidad:** Las características de calidad pueden considerarse divididas en dos grandes grupos: variables y atributos. Las primeras son aquellas características que son medibles de un modo continuo, y los atributos son características resultado de procesos de conteo, que conllevan ya en si una valoración cualitativa sobre la calidad.

**4.1.2 Media:** es el número que se obtiene al dividir la suma de todas las observaciones por la cantidad de observaciones sumadas.

$$\bar{X} = \sum \frac{x_i}{N}$$

Donde:

*N = Número de datos*

**4.1.3 Desviación estándar:** La desviación estándar de un conjunto de datos individuales es una medida de cuánto se desvían los datos del promedio.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Para calcular la desviación estándar de los promedios de los subgrupos, se debe dividir entre la raíz del tamaño del mismo.

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde n es el tamaño del subgrupo

**4.1.4 LE: Límites de Especificación:** valores extremos, superior e inferior, que puede presentar una cierta variable o característica para que, en lo relativo a esta, ese producto sea considerado bueno. Con frecuencia se les llama también límites de tolerancia o simplemente tolerancias. El valor nominal (VN) es aquel que idealmente, según diseño, debe presentar la variable o característica. El conjunto de tolerancias y valor nominal representan el “como debe ser” la característica estudiada.

$$LE_{individuales} = VN \pm 3\sigma$$

$$LE_{Promedio} = VN \pm 1.5\sigma$$

**4.1.5 LC: Límites De Control Del Proceso;** marcan el campo de variación de la variable o característica controlada, considerado normal, que no debe ser superado, mientras el proceso se mantenga estable.

$$LC = VN \pm 3\sigma$$

LCI=Límite de Control Inferior

LCS=Límite de Control Superior

**4.1.6 Variabilidad Natural:** Por tal se entiende que es un intervalo de valores que comprende a la “casi” totalidad de los observados en una característica de un proceso o producto, teniendo en cuenta la distribución estadística de esa característica.

Lo más habitual, teniendo en cuenta que la distribución más frecuente es la normal, es que el intervalo que define la variabilidad natural sea un intervalo centrado en torno al promedio de la característica en el periodo estudiado. Esta variabilidad natural viene a ser el “cómo es realmente” la característica estudiada. Se definen los Límites de Fluctuación Natural del proceso (LFN) como la anchura del intervalo comprendido entre el promedio, más menos tres desviaciones típicas, es decir,  $6\sigma$ . Este es el rango real en el cual se está moviendo la variable estudiada.

$$LFN = X \pm 3\sigma$$

**4.1.7 Causas Aleatorias De Variación:** Son una multitud de causas no identificadas, ya sea por falta de medios técnicos o porque no es económico hacerlo, cada una de las cuales ejerce un pequeño efecto en la variación total. Estas causas son inherentes al proceso, y no son posibles de eliminar a menos que se modifique el proceso, son inevitables.

**4.1.8 Causas Asignables De Variación:** Son causas que pueden ser identificadas, las cuales conviene descubrir y eliminar. Provocan que el proceso no funcione como se desea y por lo tanto es necesario eliminar la causa y retornar el proceso a su funcionamiento correcto. Al identificar la causa asignable que provocó una perturbación en el proceso, es necesario en esta situación tomar acciones correctivas para que no vuelva a ocurrir.

## 4.2 GRAFICOS DE CONTROL

Los gráficos o cartas de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos. Básicamente, una **Carta de Control** es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso. El concepto fue desarrollado por el Dr. Walter Shewhart en 1924 y sugiere que pueden ser útiles para:

- ❑ Definir la meta o el estándar de un proceso.
- ❑ Emplearlas como instrumento para lograr la meta.
- ❑ Como un medio para juzgar si se ha logrado la meta.

Todo proceso de fabricación funciona bajo ciertas condiciones o variables que son establecidas por las personas y demás factores y condiciones que definen el proceso con el fin de lograr una producción satisfactoria. Entre estos factores debemos tener en cuenta la mano de obra, condiciones ambientales, materias primas, maquinaria y métodos de trabajo principalmente.

Cada uno de estos factores está sujeto a *variaciones* que realizan aportes más o menos significativos a la fluctuación de las características del producto, durante el proceso de fabricación.

La base de la teoría de las gráficas de control es la diferenciación de las causas de la variación en la calidad. Esta variabilidad puede ser ocasionada por alguna de las siguientes causas:

- ❖ Causas asignables
- ❖ Causas no asignables o aleatorias

Cuando el proceso trabaja afectado solamente por un sistema constante de causas aleatorias se dice que está funcionando bajo Control Estadístico. Cuando además de las causas no asignables, aparece una o varias causas asignables, se dice que el proceso está fuera de control.

El uso del control estadístico de procesos lleva implícitas algunas hipótesis que se describen a continuación:

1) Una vez que el proceso está en funcionamiento bajo condiciones establecidas, se supone que la variabilidad de los resultados en la medición de una característica de calidad del producto se debe sólo a un sistema de causas aleatorias, que es inherente a cada proceso en particular.

2) El sistema de causas aleatorias que actúa sobre el proceso genera un universo hipotético de observaciones (mediciones) que tiene una Distribución Normal.

3) Cuando aparece alguna causa asignable provocando desviaciones adicionales en los resultados del proceso, se dice que el proceso está fuera de control.

La función del control estadístico de procesos es comprobar en forma permanente si los resultados que van surgiendo de las mediciones están de acuerdo con las dos primeras hipótesis. Si aparecen uno o varios resultados que contradicen o se oponen a las mismas, es necesario detener el proceso, encontrar las causas por las cuales el proceso se apartó de su funcionamiento habitual y corregirlas.

En una primera etapa se recolectan datos con los cuales se calcula la media y la desviación estándar. Luego se calculan los límites de la siguiente manera:

$$\text{Límite superior} = X + 3\sigma$$

$$\text{Límite inferior} = X - 3\sigma.$$

Estos límites surgen de la hipótesis de que la distribución de las observaciones es normal. En general se utilizan límites de 3 sigmas alrededor del promedio. En la distribución normal, el intervalo de 3 sigmas alrededor del promedio corresponde a una probabilidad de 0,997

Es así como se construye el gráfico de control, se traza una línea recta a lo largo del eje de ordenadas (Eje Y), a la altura del promedio (Valor central de las observaciones) y otras dos líneas rectas a la altura de los límites de control:

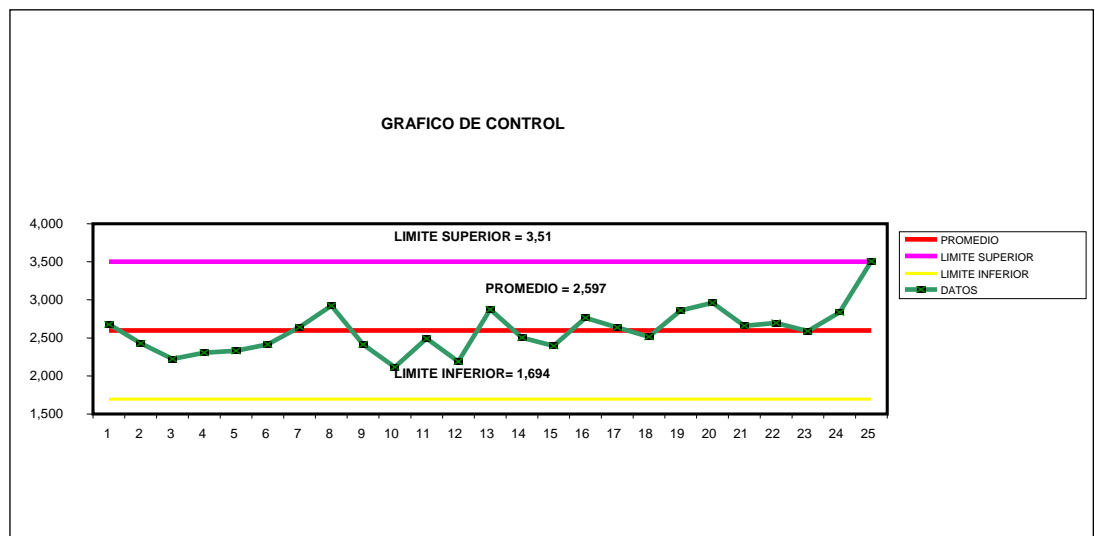


Figura 3. Gráfico de Control

### **4.3 AMFE**

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) es una metodología de trabajo en grupo muy estricta para evaluar un sistema, un diseño, un proceso y/o un servicio en cuanto a las formas en las que ocurren los fallos. Para cada fallo, se hace una estimación de su efecto sobre todo el sistema y su seriedad.

Además, se hace una revisión de las medidas planificadas con el fin de minimizar la probabilidad de fallo, o minimizar su repercusión.

Puede ser muy técnico (cuantitativo) o no (cualitativo), y utiliza tres factores principales para la identificación de un determinado fallo.

Éstos son:

- ❖ Ocurrencia: frecuencia con la que aparece el fallo
- ❖ Severidad: la seriedad del fallo producido
- ❖ Detectabilidad: si es fácil o difícil detectar el fallo.

#### **4.3.1. Tipos de AMFE**

Se pueden distinguir tres tipos de AMFE según el tipo de proceso para el que se aplique:

- ❖ AMFE de diseño o desarrollo, aplicado a procesos de diseño de nuevos productos.
- ❖ AMFE de procesos, aplicado a procesos de fabricación de un producto.
- ❖ AMFE de sistemas, aplicado a todos los procesos de la vida de un producto.

### 4.3.2 AMFE de proceso

Se trata de identificar y corregir cualquier fallo potencial o conocido. Una vez identificados, son ordenados y se les asigna una prioridad. En este caso el líder del grupo de trabajo debe ser el ingeniero de proceso o fabricación, ya que es el que mejor conoce las características del mismo. El ingeniero de calidad puede actuar como ayudante.

El AMFE de proceso se centra en minimizar los fallos de producción mediante la identificación de los principales factores que afectan a la calidad del proceso. Éstas variables deben ser medidas, controladas, monitorizadas, etc. (Control estadístico de procesos).

Define la función de las operaciones del proceso.

- ❖ Evalúa los riesgos de fallo del proceso y del producto, así como sus efectos en el cliente, entendiendo por cliente no sólo el usuario final del producto, sino la operación siguiente en el flujo de producción
- ❖ Identifica los fallos críticos.

Se puede decir que es una continuación del de diseño, y se suele aplicar justo después del primero o de forma concurrente. De todas formas, es mucho más complejo y requiere de más tiempo y experiencia que el de diseño, ya que los factores que afectan al proceso suelen ser mayores en número.

Para realizar un AMFE se realizan tres etapas PFC diferenciadas:

P: Planificar el AMFE. Primero se definen en grueso los productos y procesos susceptibles de precisar un análisis, se elige al coordinador de su preparación, los equipos a constituir y los plazos. Después se prepara en detalle: se convierten los objetivos en secuencias sistemáticas que

describen claramente el objeto a analizar y se fija la funcionalidad deseable, con lo que se pueden distribuir las tareas entre el equipo realizador.

E: Ejecutar el análisis AMFE. Tras estructurar el objeto a analizar, se examinan los componentes y pasos del proceso a potenciales errores, causas, consecuencias y riesgos. Con ello se pretende descubrir puntos débiles y fijar prioridades según su gravedad.

C: Controlar los resultados. Para evitar los puntos débiles, primero se proponen acciones correctoras, como mejoras y modificaciones del diseño, detectoras (mediante ensayos adicionales) o reductoras de los efectos (elevar la redundancia).

A cada acción se le asigna un responsable y un plazo. También se vigilan los plazos y el éxito o la efectividad de las acciones planificadas: se comprueba su ejecución y se vuelve a estimar el riesgo tras ejecutarlas. Si es preciso, se planifican nuevas acciones.

### **4.3.3. Metodología**

A continuación, se indican los pasos necesarios para la aplicación del método AMFE de forma genérica, tanto para diseños como para procesos.

**Paso 1.** Nombre del producto y componente. No sólo se incluirá el nombre del producto sobre el que se aplica el AMFE, sino el de todos los subconjuntos y componentes que lo forman.

**Paso 2.** Operación o función. Se completa de diferente manera según se trate de:

- ❖ AMFE de diseño: se incluyen las funciones de cada uno de los componentes
- ❖ AMFE de proceso: se reflejan las operaciones que sufren cada uno de los componentes en su proceso de fabricación.

**Paso 3.** Modo de fallo. Un modo de fallo significa que un elemento no satisface o no funciona de acuerdo con las especificaciones o con lo que se espera de él. Un fallo puede no ser inmediatamente detectable por el cliente y sin embargo hay que considerarlo como tal. Debemos tener en cuenta también los fallos potenciales que sólo aparecerían bajo ciertas condiciones extremas de funcionamiento.

**Paso 4.** Efecto/s del fallo. Suponiendo que el fallo ha ocurrido, en esta columna se describirán los efectos del mismo tal como lo haría el cliente (tanto interno como externo). Los efectos corresponden al síntoma. Cuando se analice una parte o componente se tendrá también en cuenta la repercusión en todo el sistema. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, aunque inicialmente se considerarán todos, en el proceso de "Evaluación de la prioridad" sólo se tendrá en cuenta el efecto más grave.

**Paso 5.** Gravedad del fallo. El índice de gravedad (G) o severidad (S) valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente debidas a los efectos de cada modo de fallo. Este índice crece en función de la insatisfacción que aparezca en el cliente, la degradación de las prestaciones, la rapidez de aparición de la avería o el coste de reparación. Para objetivar la asignación de valores a 'S' / 'G' se utiliza la siguiente clasificación de severidad de cada efecto de fallo:

**Paso 6.** Características críticas. Siempre que la gravedad sea 9 ó 10, y que la frecuencia y detección sean superiores a 1, consideramos el fallo como crítico. Las características asociadas al modo fallo se identificarán en el plan de control, en el documento AMFE, y en el plano si le corresponde.

**Paso 7.** Causa de fallo. En esta columna se refleja todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo. Una causa de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya

consecuencia es el modo de fallo. Las causas de fallo deben ser descritas de forma concreta y específica.

**Paso 8.** Probabilidad de ocurrencia. Ocurrencia se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y dé lugar al modo de fallo. Se aplicará un índice de ocurrencia (O) para cada posible causa de fallo.

Para calcular 'O' debemos tener en cuenta no sólo la probabilidad de que se produzca la causa potencial del fallo, sino también la probabilidad de que una vez que ha aparecido la causa, se produzca el fallo. Para reducir el índice de frecuencia conviene cambiar el diseño o mejorar los sistemas de prevención y/o control para impedir que se produzca la causa de fallo.

**Paso 9.** Controles actuales. En esta columna se reflejarán todos los controles existentes en la actualidad para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante. Los controles deben modificarse en caso de que hayan quedado obsoletos.

**Paso 10.** Probabilidad de no detección. Este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente. En el AMFE debe estar descrita la forma de detección prevista que, por lo general, será alguno de los sistemas de control utilizados, pero que también puede ser los cálculos de ingeniería, ensayos, etc.

**Paso 11.** Número de prioridad de riesgo (NPR). Es el producto de la probabilidad de ocurrencia (O), la gravedad del fallo (G), y la probabilidad de no detección (D). Debe ser calculado para todas las causas de fallo. Las acciones correctoras serán prioritarias para las causas de fallo con mayor NPR, por encima de un valor frontera determinado, y con mayor

severidad de fallo. Los elegidos para actuar sobre una causa de fallo pueden personalizarse para cada empresa.

**Paso 12.** Acción correctora. Se hace una breve descripción de la acción correctora recomendada. El orden de preferencia para las acciones correctoras es:

- ❖ Cambio en el diseño del producto o servicio.
- ❖ Cambio en el proceso de fabricación.
- ❖ Incremento del control o de la inspección.
- ❖ No sólo hay que atender al NPR sino aquellas causas de fallo con índice de severidad de 10. Con las acciones correctoras sólo se pueden cambiar los índices de frecuencia y de detección, ya que la gravedad es algo innato al fallo. Siempre será mejor tratar de prevenir fallos que el detectarlos una vez que se hayan producido.

**Paso 13.** Definir responsables. Se indican los responsables y, si se cree necesario, las fechas de implantación de las acciones correctoras.

#### **4.4 SEIS SIGMA**

Técnicamente, calidad Seis Sigma equivale a un nivel de calidad con menos de 0,0000034 defectos por oportunidad (3,4 defectos por millón de oportunidades). Desafortunadamente, no hay una regla, inmediata, sencilla y fácil para alcanzar tal nivel de calidad. Seis Sigma es una metodología que ayudara a alcanzar tal objetivo.

La calidad se puede cuantificar, y es mas la calidad tiene que cuantificarse. El diagnostico y el seguimiento de la calidad es un compromiso de calidad a largo plazo. A corto plazo Seis Sigma se sustenta en medidas más que en

experiencias, juicios y creencias pasadas. Si no puedes medir no sabes donde estas, si no sabes donde estas, estas a merced del azar.

Seis Sigma es una metodología sistemática para reducir de defectos de forma proactiva, concentrándose en la mejora de los procesos mas que reaccionando corrigiendo fallos una vez ocurridos. Se basa en mediciones más que en experiencias pasadas, por ello es una metodología aplicable a un amplio campo de actividades empresariales.

Cualquier trabajo de mejora de calidad requiere actuaciones sistemáticas y la ayuda de la estadística, sean a largo o a corto plazo. Basada en la utilización de la estadística tal y como han establecido numerosos "gurús" de la gestión empresarial. Basado en los conceptos de Shewhart, Deming, Juran y Taguchi y desarrollado por Mikel Harry. A corto plazo aporta soluciones rápidas a problemas sencillos o repetitivos; a largo plazo aporta una metodología de diagnóstico, diseño robusto, establecimientos de tolerancias, al tiempo que aporta un medio sencillo de comunicación y establecimiento de metas.

#### **4.4.1 ORIGEN**

Desarrollado en los años 80 por Motorola, el ingeniero Mikel Harry comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación en los procesos como una manera de mejorarlos.

En 1991 Lawrence Bossidy implanta la metodología dentro de Allied Signal Se implanta en Texas Instrument y Jack Welch implanta la metodología en General Electric

En los años 90 la implantación de Seis Sigma se generaliza: Bombardier, Siebe, Sony, Polaroid corporation, Toshiba, etc..

#### **4.4.2. APLICACIÓN**

La puesta en marcha de un programa “SEIS SIGMA” según Motorola:

- Priorizar las oportunidades de mejora
- Seleccionar el equipo apropiado
- Describir totalmente el proceso
- Realizar un análisis del sistema de medición
- Identificar y describir los procesos críticos
- Verificar los procesos críticos
- Realizar estudios de capacidad de procesos
- Realizar las mejoras necesarias
- Implantar los parámetros óptimos de operación y el plan de control
- Establecer un sistema de mejora continua
- Reducir las variaciones por causas comunes, hasta alcanzar los 3 ó 4 defectos por millón de oportunidades (DPMO)

#### **4.4.3. DETERMINACIÓN NIVEL SIGMA**

Sigma ( $\sigma$ ) es un parámetro estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de un conjunto de valores respecto a su valor medio, de modo que cuanto mayor sea el nivel de sigma, menor será el número de defectos.

El análisis de los defectos por millón y de sus correspondientes valores sigma dará una orientación acerca de cuales son los procesos que tienen mayores potenciales de mejora. Un nivel de calidad "sigma", indica cuan frecuentemente se debe esperar que ocurran defectos. Un nivel de calidad "6 sigma", equivale a 3,4 defectos por millón de oportunidades.

El NIVEL SIGMA se obtiene al ubicar el valor DPMO en la tabla 1.

<b>Nivel de Sigma</b>	<b>DPMO</b>
1	697.672
2	308.770
3	66.811
4	6.210
5	233
	3.4

**Tabla 1.** Niveles de Sigma asociados a los DPMO

#### **4.4.4. METODOLOGIA DMAMC**

Seis Sigma busca mejorar los procesos a través de la medición y análisis estadístico de los factores que contribuyen a su funcionamiento y rendimiento. Sigue la llamada metodología DMAMC:

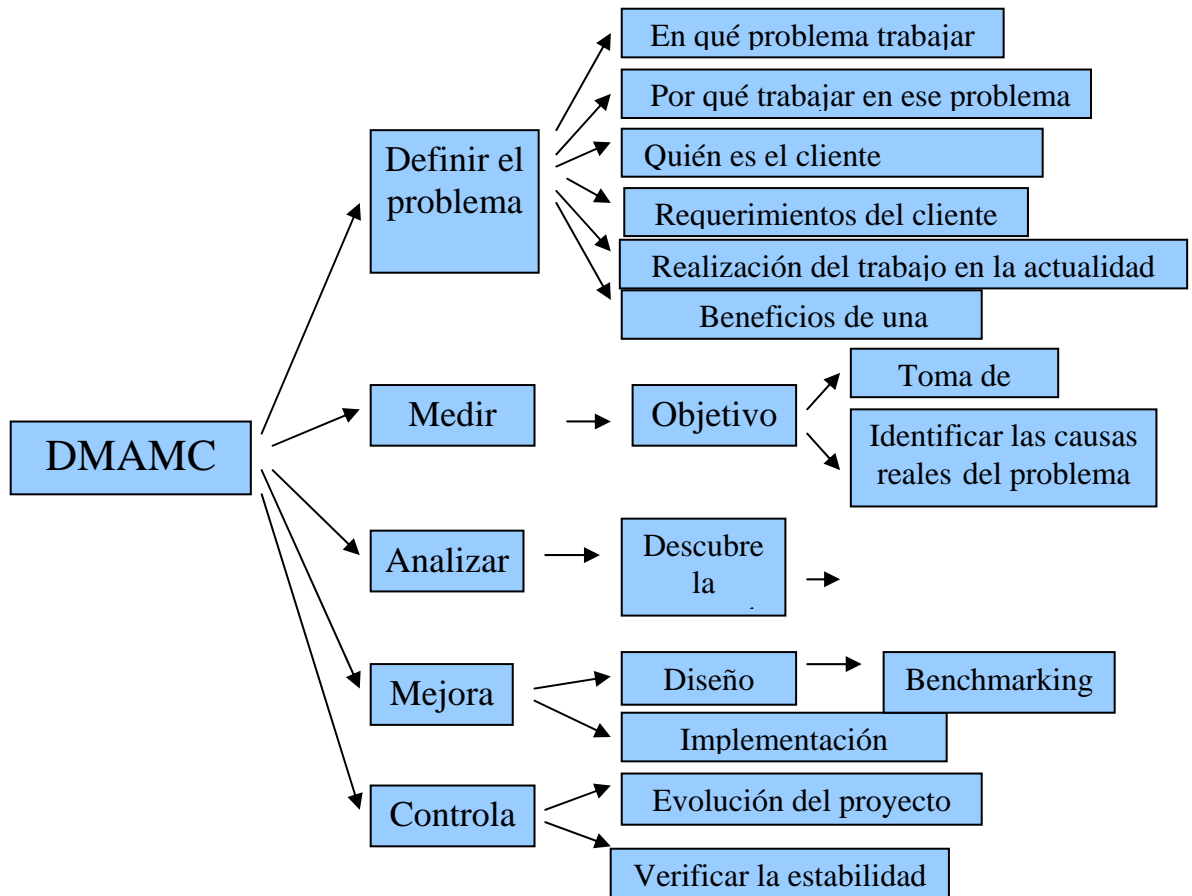


Figura 4. Metodología DMAMC

## **5 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En todo proceso de producción, existe la variabilidad inherente o natural como resultado de la acumulación de múltiples causas en esencia inevitables. En ocasiones pueden presentarse otras causas de variabilidad que representan un nivel inaceptable del desempeño del proceso. Denominadas generalmente causas asignables.

En el caso específico del sector Palmicultor la necesidad de competir en el mercado exige el desarrollo de procedimientos que conduzcan a la optimización en el cultivo como en el proceso de extracción, en cuanto a la calidad del aceite y la eficiencia de la planta extractora.


Con el fin de controlar las variables y minimizar las pérdidas se requiere control efectivo, lo que incluye la localización y posterior eliminación de las causas de variabilidad, y la planeación de un control preventivo y activo.

Minimizar las pérdidas es un compromiso de todo el personal involucrado en la operación por eso es importante implementar el CEP en la planta extractora de la empresa Oleaginosas Las Brisas S.A. Con el fin de aplicar las herramientas estadísticas necesarias para asegurar la calidad del proceso y del producto final, llevando a cabo un control, que permita realizar los ajustes una vez identificadas las causas que originan variaciones para eliminarla y así desaparecer los efectos que estas traigan como consecuencia y que provocan diferencias con las especificaciones tanto en el proceso como en el producto final y por ende el incremento de las pérdidas.

## 5.2 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES CRÍTICAS

### 5.2.1 VARIABLES PROCESO DE EXTRACCIÓN

A continuación se describen las variables y atributos del proceso de extracción de aceite que se consideran para la realización de este análisis:

	<b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.</b>
	<b>PLANTA EXTRACTORA</b>
	<b>VARIABLES DEL PROCESO EXTRACCIÓN ACEITE</b>
<b>OPERACIÓN</b>	<b>VARIABLES Y ATRIBUTOS</b>
<b>ESTERILIZACIÓN</b>	Presión, Temperatura, Tiempo de Ciclo, T° Condensados
<b>DESFRUTAMIENTO</b>	Alimentación continúa. Calidad Esterilización, % racimos mal desfrutados
<b>PRENSADO</b>	Amperaje, PSI, T° Agua, T° Digestores
<b>CLARIFICACIÓN</b>	T° Tamiz de Crudo, T° Columna Calentamiento , Dilución, Agitación, RPM
<b>PALMISTE</b>	T°, Rompimiento, Velocidad Ciclón, Desfibrado Optimo
<b>ALMACENAMIENTO</b>	T°, Tiempo de residencia

**Tabla 2. Variables del proceso de extracción**

### 5.2.2 CONDICIONES ÓPTIMAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN

Existen Condiciones propias del proceso que según estudios del Centro de Investigación CENIPALMA permiten aumentar el rendimiento de la Planta Extractora y minimizar las pérdidas del proceso.

### 5.2.2.1 ESTERILIZACIÓN

Las condiciones que se deben garantizar para lograr un correcto esterilizado de los racimos son: temperatura, presión y tiempo de ciclo. Dependiendo de la variedad de los racimos, de su tamaño y del grado de maduración están preestablecidas estas variables. Un ciclo de esterilizado de tres picos y los rangos en la que se mueven los parámetros de presión y tiempos para los diferentes picos se presentan en la siguiente tabla.

T1 = desaireado	5 min
T2 = primer pico	10 - 20 min
T3 = segundo pico	10 - 15 min.
T4 = sostenimiento	40 - 50 min.
T = Período	80 - 90 min.

Tabla 3 Tiempos Ciclo Esterilización

El tamaño de la sección de esterilizado, es el doble de la capacidad del prensado, para realizar admisiones lentas de vapor en los dos primeros picos que permitan que todos los puntos del racimo alcancen la misma temperatura, al tiempo que demandan picos de vapor menos pronunciados a las calderas.

### 5.2.2.2. DESFRUTAMIENTO

Para una operación eficiente en el desfrutador es necesario, contar con un tambor desfrutador con las dimensiones acordes con la capacidad de proceso. En la siguiente tabla se presentan las dimensiones aconsejadas para diferentes tasas de proceso.

TASA DE PROCESO Ton / Hora	10.0	15.0	20.0	30.0
DESFRUTADOR (L)mm	1600x 4500	1700 x 5000	1800 x 5000	2100 x 5000

Fuente: Cenipalma Tabla 3. Dimensiones por tasa de proceso

Además se requiere una Alimentación continua de RFF al desfrutador y un sinfín de retomo del fruto sobrante en los digestores para garantizar su llenado permanente y evitar desperdicio de fruta sobrante.

### 5.2.2.3. EXTRACCIÓN

- ❖ En la operación de extracción es primordial garantizar el suministro de agua caliente a 90 – 95 ° C para diluir el aceite extraído. Además necesario monitorear el funcionamiento correcto del termómetro registrador de temperatura y verificar el estado de desgaste de las partes sometidas a fricción de la prensa; con el fin de obtener la máxima extracción de aceite.

### 5.2.2.4. CLARIFICACIÓN

Las condiciones mínimas requeridas para la operación de clarificación son:

- Mantener la temperatura entre 90 y 95 °C.
- Mantener una dilución correcta de forma que la relación en peso de sólidos secos sin aceite sobre el total de aguas lodosas debe ser de aproximadamente 5.5 %

- Purgar el clarificador por un tiempo de 10 a 15 segundos, para sacar la arena sedimentada con el fin de facilitar el trabajo de las centrífugas.
- Inyectar vapor directo con el objetivo de evacuar el aceite de los lodos, por un tiempo entre 5 y 10 minutos, después de purgar el clarificador.
- Abrir el paso de vapor por el serpentín de calefacción indirecto por dos horas para ayudar a recuperar la temperatura y después se cierra la válvula.

### **5.3. ANALISIS DE CRITICIDAD**

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual

El estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos tipo de inspección requerida para sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, espesores, flujo).

### 5.3.1. ALCANCE Y OBJETIVO

El análisis se realizó con el propósito de establecer las variables críticas del proceso de extracción en la empresa Oleaginosas Las Brisas S.A. Esencialmente se identificaron las variables de mayor importancia, consideradas críticas en base a criterios previamente definidos y que representan de manera global aspectos esenciales del proceso.

### 5.3.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios fundamentales considerados para realizar el análisis son:

**Nivel de Producción manejado:** La ocurrencia del evento afecta la capacidad de producción de la planta extractora.

**Frecuencia del evento:** Hace referencia a la repetición de eventos donde la variable presenta desviaciones desfavorables para el proceso.

**Influencia en pérdidas:** Este criterio representa la posible influencia de la ocurrencia del evento en el incremento de las pérdidas.

**Influencia en la calidad del producto final:** Es la posibilidad de afectar las características del producto final debido a la ocurrencia del evento.

**Impacto en Seguridad:** Posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas e infraestructura.

### **5.3.3. METODO DE EVALUACIÓN ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

En primer lugar se describen las variables del proceso de extracción de aceite por operación, partiendo de la experiencia del personal de la planta; utilizando la metodología de lluvia de ideas, con el fin de determinar el total del universo a analizar. También se traducen las características de salida (acidez, humedad e impurezas) en características del proceso empleando diagramas causa- efecto para establecer la influencia de las variables del proceso en el producto final y explicar la definición del criterio.

Posteriormente considerando los criterios anteriormente definidos se efectúa la encuesta al personal (jefe de proceso, operarios, laboratoristas) con el fin de clasificar las variables de alta, mediana y baja criticidad. Se apoya la clasificación con la aplicación del AMFE (Análisis modal de fallas y efecto) para las variables de alta criticidad.

#### **5.3.3.1 Encuesta para el análisis de criticidad**

La encuesta indica la empresa y el área donde se efectúa el trabajo, la persona entrevistada y la fecha de ejecución.

También se incluye una breve descripción del propósito del trabajo y las variables del proceso consideradas. El orden en el que se listan no tiene ninguna relación con su nivel de criticidad dado que es esa la información que arrojarán los resultados. Las columnas de Nivel de producción, Frecuencia de evento, Influencia en pérdidas, Influencia Calidad producto final e Impacto en seguridad, son los criterios a tomar en cuenta en el análisis.

Los valores que deben registrarse en las celdas corresponden a los pesos asignados a cada variable de acuerdo al siguiente rango para cada criterio de evaluación.



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS  
PLANTA EXTRACTORA  
CRITERIOS ANALISIS DE CRITICIDAD**

Nivel de producción	Valores
La ocurrencia del evento no afecta la capacidad de producción	1-3
La ocurrencia del evento reduce la capacidad de producción	4-6
La ocurrencia del evento afecta significativamente la capacidad del proceso.	7-10

Frecuencia de evento	Valores
Evento esporádico	1-3
Evento de ocurrencia ocasional	4-6
El evento ocurre frecuentemente	7-10

Influencia en pérdidas	Valores
No tiene efecto sobre las pérdidas en el proceso.	1-3
Afecta levemente las pérdidas del proceso.	4-6
Produce un incremento significativo en las pérdidas del proceso.	7-10
Influencia Calidad producto final	Valores
No tiene efecto sobre el producto final	1-3
Provoca un ajuste en el proceso para garantizar las características del producto final.	4-6
El evento es crítico. Afecta las características del producto final.	7-10
Impacto en Seguridad	Valores
La ocurrencia del evento no produce daños en personas ni infraestructura	1-3
La ocurrencia del evento afecta la infraestructura (equipo)	4-6
La ocurrencia del evento afecta al personal (operarios del proceso).	7-10

Tabla 4 Criterios Análisis de Criticidad

#### 5.4. AMFE PARA VARIABLES

Para el desarrollo del proyecto se realizó la adaptación del análisis modal de Fallos y Efectos a la ocurrencia de eventos en el proceso de extracción de aceite.

Conforme a la metodología existen tres criterios que permiten definir la prioridad de los eventos:

- ❖ Ocurrencia
- ❖ Severidad
- ❖ Detección

La ocurrencia es la frecuencia del evento. La severidad es el grado de efecto o impacto del evento. Detección es el grado de facilidad para su identificación.

Existen diferentes formas de evaluar estos componentes. La forma más usual es el empleo de escalas numéricas llamadas criterios de riesgo . La escala de 1 a 10 es fácil de interpretar y precisa para evaluar criterios. El valor inferior de la escala se asigna a la menor probabilidad de ocurrencia, menos grave o severo y más fácil de identificar el evento cuando se presente. En igual forma un valor de 10 se asignará a los eventos de mayor frecuencia de aparición, muy grave donde de por medio este la vida de una persona y existe una gran dificultad para su identificación.



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS  
PLANTA EXTRACTORA  
CRITERIOS AMFE**

<b>Severidad</b>	<b>Valores de S</b>
<b>Baja.</b> No tiene efectos sobre el producto final	1-3
<b>Moderada.</b> Provoca un ajuste en el proceso antes del producto final.	4-6
<b>Elevada.</b> El evento es crítico, provocando reproceso o desecho del producto.	7-10

<b>Ocurrencia</b>	<b>Valores de O</b>
<b>Muy Escasa.</b> Evento inexistente en el pasado	1
<b>Escasa.</b> Muy pocos eventos en circunstancias pasadas similares.	2-3
<b>Moderada.</b> Evento aparecido ocasionalmente.	4-5
<b>Frecuente:</b> Evento de cierta frecuencia en el pasado.	6-7
<b>Elevada.</b> Evento bastante frecuente en el pasado.	8-9
<b>Muy elevada.</b> Evento se produce frecuentemente	10

Probabilidad de No Detección	Valores de D
<b>Muy escasa.</b> El evento es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado.	1
<b>Escasa.</b> El evento podría pasar algún control primario, pero sería detectado.	2-3
<b>Moderada.</b> El evento es una característica de fácil detección.	4-5
<b>Frecuente.</b> Evento de difícil detección que con relativa frecuencia llegan a producto final.	6-7
<b>Elevada.</b> El evento es de difícil detección mediante los sistemas convencionales de control.	8-9
<b>Muy elevada.</b> El evento probablemente ocurrirá sin ser detectado.	10

Tabla 5 Criterios AMFE

Para la evaluación de cada una de las variables del análisis se diseñó un formato que permitió la calificación con los criterios y donde se describe además las causas de ocurrencia del evento, los efectos y controles actuales; también se especifican las acciones correctivas que deben ejecutarse al momento de ocurrir el evento.

La prioridad del evento, se obtiene a través del índice conocido como Número Prioritario de Riesgo (NPR). Este número es el producto de los valores de ocurrencia, severidad y detección. El valor NPR no tiene ningún sentido. Simplemente sirve para clasificar en un orden cada uno de las variables que existen en el proceso.

## 5.5 RESULTADOS ANALISIS DE CRITICIDAD

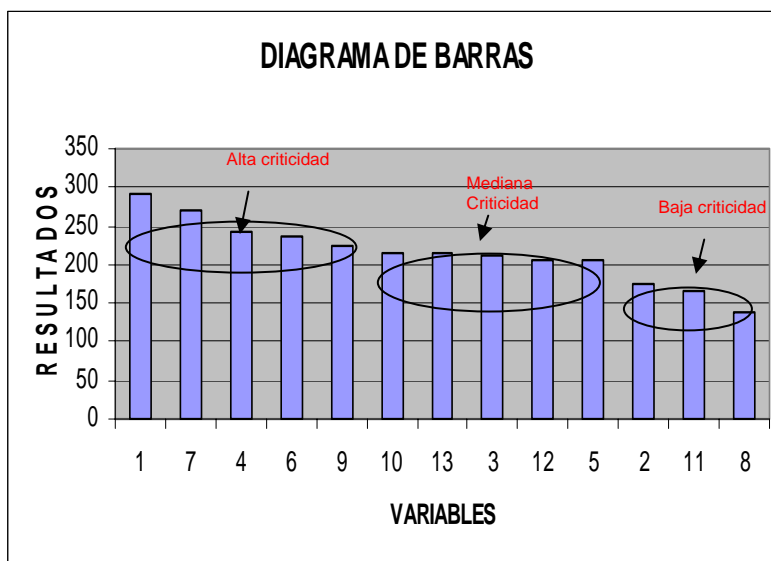
Los valores de criticidad obtenidos se ordenaron de mayor a menor y se graficaron utilizando un diagrama de barras, con el fin de visualizar la distribución descendente de las variables evaluadas.



OPERACIÓN	No	VARIABLE	RESULTADO
<b>ESTERILIZACIÓN</b>	1	PRESIÓN	292
	7	TIEMPO DE CICLO	214
	4	Tº CONDENSADOS	235
<b>DEFRUTAMIENTO</b>	6	ALIMENTACIÓN CONTINUA	215
	<b>PRENSADO</b>	9	AMPERAJE
	10	PRESIÓN	205
	13	Tº AGUA	166
	3	Tº DIGESTORES	244
<b>CLARIFICACIÓN</b>	12	Tº TQ CRUDO	139
	5	Tº CLARIFICADOR	224
	2	DILUCIÓN	269
<b>PALMISTE</b>	11	Tº SILO ALMACENAMIENTO	175
	8	ROMPIMIENTO	212

Tabla 6 Resultados Análisis Criticidad

La distribución de barras, permite establecer tres zonas específicas: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Esta información orienta la toma de decisiones, focalizando los esfuerzos en la zona de alta criticidad.



**Figura 5 Gráfico de Resultados del Análisis de Criticidad**

La figura 5 muestra el diagrama de barras correspondiente a los resultados presentados en la tabla 5, para identificar las tres zonas que caracterizan un análisis de criticidad.

## 5.6 RESULTADOS AMFE.



VALOR NPR	FRECUENCIA
42	1
40	1
36	1
35	2
28	1
25	1
24	1
20	1
16	2
12	1
8	2

**Tabla 7 Frecuencia para los NPR obtenidos del AMFE**

Para definir las zonas fue necesario dividir en cuartiles la distribución de los datos (Tabla 7). De esta manera se definen las tres zonas para diferenciar la criticidad. Se estableció que la zona de baja criticidad corresponde al primer cuartil, el segundo y tercer cuartil conforman la zona de mediana criticidad, y la zona 4 será denominada de alta criticidad.



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS  
PLANTA EXTRACTORA  
RESULTADO ANALISIS FRECUENCIAS**

<b>PRIMER CUARTIL</b>	<b>SEGUNDO CUARTIL</b>	<b>TERCER CUARTIL</b>	<b>CUARTO CUARTIL</b>
19	25	36	42

Tabla 8 Resultado del análisis de las frecuencias

Según los resultados la zona baja criticidad la conforman las variables cuyo NPR se encuentra en el 6 y 19, la zona de mediana criticidad tiene un limite inferior de 19 y un límite superior de 36, a la zona de interés denominada alta criticidad pertenecen las variables cuyo NPR este entre 37 y 42.




**OLEAGINOSAS LAS BRISAS  
PLANTA EXTRACTORA  
VARIABLES CRÍTICAS DEL PROCESO**

<b>OPERACIÓN</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>NPR</b>
<b>ESTERILIZACIÓN</b>	<b>PRESIÓN</b>	<b>40</b>
	<b>Tº CONDENSADOS</b>	<b>36</b>
<b>PRENSADO</b>	<b>Tº DIGESTORES</b>	<b>35</b>
<b>CLARIFICACIÓN</b>	<b>DILUCIÓN</b>	<b>42</b>
	<b>Tº CLARIFICADOR</b>	<b>35</b>

Tabla 9 Variables críticas del proceso

Las características del producto final también son consideradas en este estudio con el fin de establecer los parámetros de control y gráficos de control.

 <b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS PLANTA EXTRACTORA VARIABLES PRODUCTO FINAL</b>	
ETAPA	VARIABLE
<b>Producto Final</b>	<b>ACIDEZ</b>
	<b>HUMEDAD</b>
	<b>IMPUREZAS</b>

**Tabla 10. Variables Producto Final**

### 5.7 MEDICIÓN Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Determinar la frecuencia del muestreo es fundamental para establecer el tipo de gráfico de control, además es necesario considerar los costos y el nivel de confiabilidad requerido.

Para ejecutar esta etapa del proyecto se considero la frecuencia establecida actualmente, por los jefes de proceso y laboratoristas.

 <b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS PLANTA EXTRACTORA FRECUENCIA MUESTREO VARIABLES CRÍTICAS</b>	
VARIABLE	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
<b>ESTERILIZACIÓN</b>	
<b>PRESIÓN</b>	<b>Hora</b>
<b>PRENSADO</b>	
<b>Tº DIGESTORES</b>	<b>Hora</b>
<b>CLARIFICACIÓN</b>	
<b>DILUCIÓN</b>	<b>Hora</b>
<b>Tº</b>	<b>Hora</b>

**Tabla 11 Frecuencia de muestreo para las variables críticas**

En el caso específico de la toma de datos de presión y temperatura se hace una inspección visual en cada instrumento, por parte del jefe de proceso cada hora, con el fin de tomar las medidas correctivas necesarias en el caso de una anomalía en las condiciones óptimas del proceso.

## **5.8 IDENTIFICACIÓN TIPO GRÁFICO DE CONTROL**

Es importante seleccionar el tipo de gráfico según el proceso productivo que se esté analizando, con el fin de aplicar eficientemente las herramientas estadísticas, adaptadas a las condiciones propias del proceso estudiado.

El tratamiento estadístico que se le da a los datos con el fin de obtener los parámetros y gráficos de control debe ser el más representativo según las condiciones dadas, es decir dependiendo de la situación, las características es necesario utilizar las técnicas adecuadas, las cuales tienen la misma base y la misma filosofía estadística.

En el proceso de extracción de aceite es posible agrupar los datos por turno o por días, para identificar las causas asignables entre ellos, utilizando un gráfico de control de medias Gráfico  $\bar{X}$ .

Sin embargo examinando el proceso y las variables, se considera que se debe analizar la variación entre cada una de las muestras individuales, ya que el objetivo de aplicar herramientas estadísticas en el proceso productivo de la planta extractora de la empresa Oleaginosas Las Brisas S.A. es proporcionar criterios de control que permitan identificar condiciones anormales.

Si se analizara la variación por turno o por días no podría realizarse un control activo, pues habría que esperar que termine el turno o el día para observar los registros y examinar si hubo causas asignables.

El gráfico de control ha utilizar es el de valores independientes para determinar los parámetros del proceso y los límites de control.

Es importante mencionar que existen valores establecidos para algunas variables, por lo tanto es necesario considerar la especificación existente como límite central en las variables que sea conveniente y los límites de control estarán ubicados  $\pm k \sigma$  dependiendo del nivel de confianza que se requiera.

## **5.9 TOMA Y ANALISIS DE DATOS**

Para la elaboración de los gráficos de control por primera vez, es necesario tomar datos históricos que correspondan a un proceso “sensiblemente estable”. Partiendo de esta información se establecen los límites de control preliminares para cada variable.

En esta etapa del proyecto fue necesario buscar registros y hojas de operación del proceso, para identificar datos correspondientes a condiciones anormales.

Los datos tomados para establecer los parámetros preliminares corresponden a los meses de Enero, Febrero, Julio, Octubre de 2004 teniendo en cuenta la demanda estacional que se presenta en el sector palmicultor. En el primer semestre del año la cosecha en el campo aumenta hasta el punto que la capacidad de la planta extractora es insuficiente para procesar los racimos de fruto fresco. En el segundo semestre la cosecha disminuye debido a la variedad de palma y permite laborar turnos cortos 7:00 a.m. a 4:00 p.m. y 4: 00 p.m. a 12.30 a.m.

Adicionalmente realizando un test de normalidad se demuestra la distribución de los datos y verifica si siguen una distribución aproximadamente normal. Esto debido a la importancia de conocer la naturaleza estadística de las variables de estudio. En el anexo D se presentan las tablas de resultado de los test.

### **5.10 CALCULO DE PARAMETROS Y DETERMINACIÓN DE LIMITES DE CONTROL**

Para controlar las variables críticas del proceso de extracción se utiliza el diagrama basado en valores estándar, donde la línea central del gráfico es el valor especificado por estudios en el centro de investigación e ingenieros expertos en el proceso de extracción. Además estos valores se emplean como criterio para evaluar el buen funcionamiento del proceso. Los límites se sitúan a  $\pm k$  desviaciones estándar; según la confiabilidad que se desea obtener.

La selección de  $\sigma$  no puede ser arbitraria, pues es necesario minimizar los riesgos estadísticos, por lo tanto debe basarse en datos reales.

Se requiere calcular un valor típico de  $\sigma$ , teniendo en cuenta estadísticamente el promedio puede cambiar pero la variación no cambia.

La utilización de técnicas estadísticas como la prueba de hipótesis para comparar las desviaciones estándar obtenidas con muestras de períodos diferentes con el fin de establecer  $\bar{\sigma}$  “promedio de desviaciones muestrales” y determinar si cada una de las desviaciones son estadísticamente iguales.

Si las desviaciones son estadísticamente iguales  $\bar{\sigma}$  se puede utilizar este promedio como la desviación típica del proceso  $\sigma$  y con este valor calcular los límites de control para cada variable de estudio.

### 5.10.1 PRUEBA HIPÓTESIS DESVIACIÓN TÍPICA

Se desea probar las hipótesis de que la desviación de la muestra de una población normal  $S$  es igual al valor promedio de las desviaciones muestrales  $\bar{\sigma}$ .

$$H_0 = S = \bar{\sigma}$$

$$H_0 = S \neq \bar{\sigma}$$

$$X_0^2 = \frac{(n-1)S^2}{\bar{\sigma}^2}$$

*Donde:*

*S: desviación Muestral*

Si  $H_0 = S = \bar{\sigma}$  es verdadera, entonces  $X_0^2$  sigue una distribución Chi-cuadrada con n-1 grados de libertad.

Entonces, debe calcularse el valor estadístico de la prueba  $X_0^2$  y la hipótesis  $H_0 = S = \bar{\sigma}$ , debe rechazarse si:

$$X_0^2 > X_{\alpha/2}^{2 * n-1} \quad \text{o sí} \quad X_0^2 > X_{1-\alpha/2}^{2 * n-1}$$

Donde

$X^2_{\alpha/2 * n-1}$  y  $X^2_{1-\alpha/2 * n-1}$  son los puntos que corresponden a los porcentajes inferior y superior de la distribución Chi-cuadrado con n-1 grados de libertad y un nivel de confianza de 95% (nivel de significancia 5%).

Los datos se tomaron de los períodos representativos enunciados anteriormente y se calcularon las desviaciones muestrales (S).

En la tabla 12 se presentan los valores para la prueba estadística de cada variable de estudio, además el período, el valor de la desviación muestral , el tamaño de la muestra y el punto crítico que es el valor Chi-cuadrado con un nivel de significancia 5% y n-1 grados de libertad.




**OLEAGINOSAS LAS BRISAS  
PLANTA EXTRACTORA  
PRUEBA CHI CUADRADO**

<b>VARIABLE</b>	<b>PERIODO</b>	<b>S</b>	<b>N</b>	<b>PUNTO CRITICO</b>	<b>ESTADISTICO DE PRUEBA</b>	<b>DECISIÓN ESTADISTICA</b>
<b>PRESIÓN</b> <b>1,476194426</b>	Enero	1,473223304	66	85,95	64,86917517	ACEPTA
	Febrero	1,363677156	66	85,95	60,04562378	ACEPTA
	Julio	1,504480488	66	85,95	66,24549586	ACEPTA
	Octubre	1,563396755	64	83,66	66,72156041	ACEPTA
<b>Tº</b> <b>CONDENSADOS</b> <b>2,738642008</b>	Enero	2,412290055	63	82,515	54,66272945	ACEPTA
	Febrero	2,015325895	66	85,95	47,8771995	ACEPTA
	Julio	3,42101818	65	84,805	80,02127253	ACEPTA
	Octubre	3,105933901	64	83,66	71,51594074	ACEPTA
<b>Tº</b> <b>DIGESTORES</b> <b>1,646384377</b>	Enero	1,643460233	65	84,805	61,19114255	ACEPTA
	Febrero	1,639652871	65	84,805	61,04938261	ACEPTA
	Julio	1,562480769	65	84,805	58,17602491	ACEPTA
	Octubre	1,739943633	65	84,805	64,78351999	ACEPTA
<b>DILUCIÓN (ACEITE)</b> <b>1,246386719</b>	Enero	1,206045378	45	61,63	42,96841834	ACEPTA
	Febrero	1,384564562	46	62,804	36,24725424	ACEPTA
	Julio	1,423897519	44	60,456	35,62021834	ACEPTA
	Octubre	0,971039416	47	63,978	25,98627793	ACEPTA
<b>DILUCIÓN (AGUA)</b> <b>1,591828004</b>	Enero	1,593459146	44	60,456	50,70579685	ACEPTA
	Febrero	1,655760653	42	58,108	50,23768725	ACEPTA
	Julio	1,445814839	44	60,456	46,00757648	ACEPTA
	Octubre	1,672277378	45	61,63	54,45142057	ACEPTA
<b>Tº</b> <b>CLARIFICADOR</b> <b>1,911235</b>	Enero	2,2355	45	61,63	51,4660946	ACEPTA
	Febrero	1,6196	46	62,804	38,13415655	ACEPTA
	Julio	2,02014	44	60,456	45,451036	ACEPTA
	Octubre	1,7697	42	58,108	37,96447258	ACEPTA

Tabla 12. Prueba Chi Cuadrado

Los límites de control de las variables para las que se utilizaron valores estándar se presentan en la tabla 12 considerando un  $K = 3$ .

	<p><b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS</b>  <b>PLANTA EXTRACTORA</b>  <b>PARÁMETROS DEL PROCESO Y LÍMITES DE CONTROL</b></p>
---	--

VARIABLE	LCI	LCS	VALOR ESTÁNDAR	$\bar{x}$ $\sigma$
PRESIÓN	85,571	94,429	90	1,476
Tº CONDENSADOS	121,784074	138,215926	130	2,739
Tº DIGESTORES	85,0608469	94,9391531	90	1,646384377
ACEITE (Dilución)	31,2608398	38,7391602	35	1,246386719
AGUA ( Dilución)	30,224516	39,775484	35	1,5918
Tº CLARIFICACIÓN	84,266295	95,733705	90	1,911235

Tabla 13 Parámetros del proceso y límites de control variables

## 6 ANALISIS DE RESULTADOS

Luego de establecer los límites de control preliminares se monitorearon las variables denominadas críticas del proceso, revisando los registros correspondientes en los cuales se documentan las condiciones reales de operación directamente por cada operario encargado y analizando cada una de las observaciones que surgían, empleando los gráficos de control como herramienta para identificar una fluctuación normal de los valores, en el caso de encontrar observaciones fuera de los límites; se investigaba la causa que originó la salida de los límites y se identificaba como aleatoria o assignable, si era assignable se tomaban acciones correctivas para evitar de nuevo la ocurrencia del evento. En el anexo E se presentan las observaciones tomadas por variable para cada mes y los gráficos de control obtenidos.

Se consideró fundamental en esta parte del proceso proponer a la Gerencia una capacitación para el personal de la planta extractora en herramientas estadísticas básicas, con el objetivo de generar un ambiente de trabajo en equipo y sensibilizar al personal de la necesidad de aplicar estas herramientas para ejercer control en el proceso. Este espacio permitiría crear un compromiso de los trabajadores con el proceso de mejoramiento continuo.

A continuación se describen las principales observaciones que se registraron en el período de seguimiento realizado en los meses de Diciembre 2004 y Enero 2005 para cada una de las variables críticas del proceso y las variables del producto terminado, luego de haber establecido los límites preliminares de control con la recopilación de registros históricos y se poseía un mayor grado de conocimiento con respecto al proceso,

Operaciones y variables; después de realizar visitas a otras plantaciones con el objetivo de conocer las actividades y programas de control que se realizaban en cada una.

## **6.1 PRESIÓN**

La presión en la operación de esterilización es una de las principales variables del proceso, considerada crítica por los efectos que ocasiona cuando se registra por debajo de 80 psi.

Durante el período de seguimiento se observaron puntos por encima del valor establecido como límite de control superior, suceso que no es crítico ni alarmante; por el contrario este tipo de observaciones indica condiciones excelentes para realizar la operación de esterilización.

Lo realmente preocupante son los datos que se registraron por debajo del límite de control inferior y que se encontraban significativamente alejados del mismo. Es oportuno mencionar que la ocurrencia de eventos anormales en esta variable aumenta las pérdidas en racimos mal desgranados.

Como parte del seguimiento se detectó que la causa de los puntos fuera de control fue la pérdida de combustible por falla en el sistema de desfibrado, además se presentaron fallas mecánicas en palmisteria que impedían la llegada de cascarilla a las calderas. El departamento de mantenimiento con su equipo de trabajo realizó las actividades propias para garantizar el óptimo funcionamiento de los sistemas.

## **6.2 T° CONDENSADOS**

En los resultados registrados de la temperatura de condensados se presentan puntos sólo por debajo del límite de control inferior esto se debe solamente a la no evacuación de condensados ocasionado por taponamiento en las tuberías, debido a la gran cantidad de impurezas que entran al proceso con los RFF, lo cual se rectifica en los registros de dilución. Adicionalmente algunos puntos específicos se presentaron debido a fallas de proceso que obligaban a dejar fruto esterilizado dentro del autoclave, otros registros de baja T° se presentaban en horas de cambio de turno o comidas.

Es importante mencionar que el registro que realizan los jefes de proceso es un promedio de la T° de las tres autoclaves, con el fin de obtener información confiable se diseñó en el registro de control de proceso una casilla para escribir la T° de cada autoclave independientemente.

## **6.3 T° DIGESTORES**

Monitoreando el registro de la temperatura en los digestores se puede concluir que esta variable no presenta ocurrencia de sucesos anormales que afecten el proceso, por el contrario las temperaturas que se observaron durante el período de seguimiento superan el límite establecido como superior, garantizando una excelente operación en los digestores y una reducción de las pérdidas de aceite en torta.

#### **6.4 DILUCIÓN (% ACEITE, % AGUA)**

En el período de seguimiento se encontraron puntos por encima y por debajo de los límites estadísticamente establecidos; ocasionados por diversas causas investigadas inmediatamente por el equipo de trabajo conformado por el jefe de proceso y laboratoristas, para establecer la causa y tomar las acciones correctivas necesarias para solucionar el evento,

Es evidente al analizar los resultados que el aumento en las impurezas que entran al proceso junto a los RFF, incrementan significativamente la cantidad de lodos que se transportan a las centrífugas donde se realiza la clarificación dinámica con el objetivo de recuperar la mayor cantidad de aceite que se encuentra combinado con los lodos.

La dilución usada en la clarificación es de 1:1 (35% agua vs. 35% aceite), encontrada experimentalmente y depende de varios factores; por lo tanto es importante considerar la realización de diseños experimentales en cada planta extractora con el fin de determinar el ajuste idóneo para las condiciones propias del proceso.

Es recomendable revisar la posibilidad de filtrar las impurezas que entran al proceso en las tolvas de recepción, ya que además de aumentar la cantidad de lodos, taponan los ductos de condensados.

Por la importancia de hacer un buen control en la dilución, se propuso a la Gerencia definir las funciones del personal de laboratorio, nombrándose un laboratorista de proceso y un laboratorista para despachos, esto permite tener disponibilidad para la realización de la dilución cada hora, la decisión

se tomó después de analizar las principales causas por las cuales no se realizaba la dilución con la frecuencia establecida.

## 6.5 Tº CLARIFICADOR

“En el proceso de extracción de aceite, la relativa alta temperatura es de primordial importancia porque la viscosidad del aceite influye en su recuperación, pero se debe tener la preocupación de no recalentarlo porque se tendría un deterioro de la calidad con respecto a la fijación de su color y la oxidación que es un buen problema en el proceso de la refinación. Lo más importante en la etapa previa a la decantación es mantener la temperatura de la mezcla lo más alto que se pueda sin caer en la oxidación. La oxidación comienza más o menos a los 110°C y es por esta razón que la temperatura ideal es de 90 a 95 °C. Si la mezcla a separar se mantiene con baja temperatura, entonces la densidad del aceite se asemejará a la densidad de las aguas lodosas, dificultando la separación estática y aumentando considerablemente las pérdidas de aceite.”<sup>2</sup>

Los registros tomados en el período de prueba representan una situación crítica, pues, todas las observaciones se encuentran por debajo del valor denominado estándar y que garantiza una condición óptima de operación. Además el 36.23 % del total de las observaciones se ubican por debajo del límite de control inferior, En conclusión esta variable presentó inconvenientes debido a causas asignables identificadas y mencionadas a continuación, las cuales se corrigieron gracias al compromiso de todo el personal de la planta extractora (Personal mantenimiento, personal proceso).

<sup>2</sup> Clarificación, principios, fundamentos e innovaciones Francisco Delgado Rodríguez.

En la instalación del tanque de almacenamiento de agua de proceso no se consideró la capacidad de calentamiento del serpentín adaptado, lo que ocasionó la pérdida de temperatura del agua debido a que el volumen de agua en el tanque es mayor a la capacidad de calentamiento. Por lo tanto la temperatura del agua era inferior a lo mínimo requerido para mantener las condiciones propias del proceso, las acciones correctivas que se ejecutaron fueron: Invertir la entrada y salida del tanque del agua de proceso, luego de registrar los valores se analizó que no se había logrado el objetivo (aumentar la  $T^{\circ}$  del agua), entonces se consideró el acondicionamiento del tanque de agua de las calderas para el proceso, debido a que era un tanque de menor tamaño y que permitía un mayor calentamiento del agua, consiguiéndose de esta manera elevar la  $T^{\circ}$  del clarificador a la mínima requerida para un buen funcionamiento, Al llevar la  $T^{\circ}$  del clarificador a  $90^{\circ}\text{C}$ , se permite el rompimiento de las celdas de aceite, además se facilita la separación de la gota de aceite y agua debido a el efecto inverso que tiene la temperatura con la viscosidad y está directamente con el movimiento hacia arriba de la gota, de esta manera se reduce la cantidad de aceite en lodos y por ende se disminuyen las pérdidas de aceite en lodos.

En este período de seguimiento además de observar el comportamiento de las variables consideradas críticas en el proceso, se realizó de manera general un control del proceso y un análisis de las pérdidas. Considerándose la necesidad de ampliar este análisis a todas las variables del proceso constantemente.

## 7. INDICES DE CAPACIDAD

El índice de capacidad del proceso constituye una forma cuantitativa simple para expresar la capacidad de producir en una situación estable dentro de las especificaciones, además es un complemento esencial de los gráficos de control por variables.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Donde;

*USL = Limite Inferior de especificación*

*USL = Limite Superior de especificación*

*$\sigma$  = Desviación Estándar*

Los estudios de índices de capacidad son la valoración conjunta de los datos de un período de estabilidad, mientras el gráfico de control es la monitorización de la evolución del comportamiento de las variables en un período de tiempo determinado.

El índice de capacidad del proceso  $C_p$  no toma en consideración dónde se localiza la media del proceso respecto de las especificaciones. El  $C_p$  simplemente mide la extensión de las especificaciones en comparación con

la dispersión seis sigma del proceso, por lo tanto es recomendable calcular el  $C_{PK}$  que toma en consideración el centrado del proceso. El  $C_{PK}$  es simplemente el PCR unilateral para el límite de la especificación más próximo al promedio.

En general, si  $C_p = C_{PK}$  el proceso está centrado en el punto medio de las especificaciones y cuando  $C_p < C_{PK}$  el proceso está descentrado.

La magnitud de  $C_{PK}$  respecto de  $C_p$  es una medida directa de qué tan apartado del centro está operando el proceso. Por tanto, es común decir que  $C_p$  mide la **capacidad potencial** del proceso, mientras que  $C_{PK}$  mide la capacidad real.

Cuando  $C_{PK} < 0$  la implicación es que la media del proceso se localiza fuera de las especificaciones, evidentemente, si  $C_{PK} < -1$ , el proceso completo se localiza fuera de los límites de las especificaciones,  $C_{PK}$  se define como un valor no negativo, por lo que los valores menores a cero se definen como cero.

Identificar el índice de capacidad del proceso permite tener una definición clara respecto al nivel de calidad y precisión del mismo. La capacidad real del proceso ayuda a determinar los límites de especificación y a establecer las tolerancias reales para las variables del proceso y el producto terminado, utilizando los índices de capacidad. Una vez conocida la desviación típica del proceso en condiciones estables  $\sigma$ , se logró definir la capacidad potencial del proceso, es decir la variación natural, que es la capacidad que tiene el proceso para cumplir o no las especificaciones.

Existen dos supuestos absolutamente determinantes para la precisión y la validez de los resultados obtenidos al calcular los índices de capacidad, que de no cumplirse los resultados pueden tener errores graves.

1. Las características de la calidad tiene una distribución normal
2. El proceso está bajo control estadístico.

Complementos fundamentales en el estudio de la capacidad de un proceso son los histogramas y los gráficos de control. Con el uso del histograma, se tiene la ventaja de que se puede apreciar la forma de la distribución, con lo cual se puede confirmar o rechazar la hipótesis de que la misma es normal. Pero el problema es que no se puede detectar la presencia de patrones no aleatorios, con lo cual no es posible confirmar o rechazar la hipótesis de que el proceso está bajo control estadístico. Si el proceso no está bajo control estadístico los resultados del análisis de la capacidad de proceso no serán válidos y pueden llevar a conclusiones equivocadas.

Aquí juegan un papel muy importante los gráficos de control, pues la implementación de estos exige necesariamente colocar el proceso bajo control estadístico. En consecuencia, se puede utilizar la desviación estándar utilizada para calcular los Límites de Control para calcular los coeficientes de capacidad de proceso  $C_p$  o  $C_{pk}$ .

La normalidad y el índice de capacidad del proceso: Sí la distribución no es normal, entonces los valores de Cp ó Cpk pueden estar equivocados, un enfoque para tratar el problema del incumplimiento de la normalidad sería transformar los datos de tal modo que en la nueva métrica transformada los datos tengan la apariencia de una distribución normal. Se utilizará la transformación del recíproco. El enfoque se seleccionó considerando la fácil comprensión por parte de los trabajadores.

$$X^* = \frac{1}{X}$$

*Donde:*

$X^*$  = Es el valor recíproco para cada observación

$X$  = Observaciones de las variables


$\overline{X^*}$  = Promedio recíproco de las observaciones

$S^*$  = Desviación recíproca de las observaciones

$$\text{Límites recíproco de especificación} = \frac{1}{\text{Límite de especificación}}$$

Para calcular el índice de capacidad de las variables críticas del proceso de extracción de aceite y variables del producto final, se verificaron los supuestos obteniéndose los siguientes resultados.

El índice es calculado para los meses de diciembre 2004 y enero 2005, ya que en este tiempo se ha realizado un trabajo de seguimiento de las observaciones registradas para cada variable del proceso. Los parámetros y límites de especificación se presentan en la tabla 14.

 <p><b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS</b>  <b>PLANTA EXTRACTORA</b>  <b>PARÁMETROS Y LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN</b></p>
---

VARIABLE	X Muestrales	Desviación	LIE	LSE
PRESIÓN	90	1,4761	90	95
Tº CONDENSADOS	130	2,7386	122	130
Tº DIGESTORES	90	1,6463	90	95
DILUCIÓN (ACEITE)	35	1,246386	31	39
DILUCIÓN (AGUA)	35	1,5918	30	40
Tº CLARIFICACIÓN	90	1,911235	90	95
ACIDEZ	2,057	0,2138		2,85
HUMEDAD	0,1522	0,040815		0,200

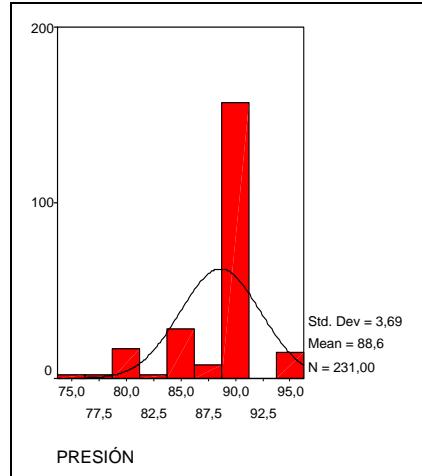
Tabla 14. Parámetros y límites de especificación

 <p><b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS</b>  <b>PLANTA EXTRACTORA</b>  <b>INDICES DE CAPACIDAD</b></p>
---

VARIABLE	Cp	Cpu	Cpl	Cpk
PRESIÓN	0,5645507	1,1291015		1,1291015
Tº CONDENSADOS	0,5000077	0,0000000	1,0000153	1,0000153
Tº DIGESTORES	0,5000256	1,0000513	0,0000000	1,0000513
DILUCIÓN (ACEITE)	1,0000006	1,0000006	1,0000006	1,0000006
DILUCIÓN (AGUA)	1,0000176	1,0000176	1,0000176	1,0000176
Tº CLARIFICACIÓN	0,4360182	0,8720365	0,0000000	0,8720365
ACIDEZ	2,2217025	1,2363580		1,2363580
HUMEDAD	0,8166932	0,3903794		0,3903794

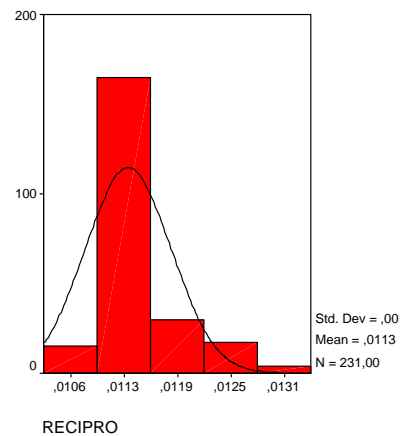
Tabla 15 Índice de capacidad de las variables críticas del proceso.

## 7.1 PRESIÓN



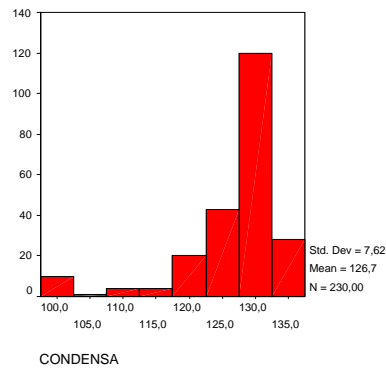
Una de las condiciones fundamentales para realizar una operación de esterilización óptima es la presión, cuando la ocurrencia del registro de estas variables se encuentra por debajo de 90 psi, estamos frente a una situación crítica y en efecto las consecuencias en el resto del proceso, no tardan en manifestarse.

Para el cálculo del índice de capacidad es necesario realizar la transformación de recíproco, como una opción para validar el no cumplimiento de la normalidad, donde se obtuvieron los siguientes resultados



El  $C_p = 0.5645507$  indica que el proceso es muy sensitivo y ocurren un gran número de eventos anormales. Según el resultado para  $C_{pk} = 1.1291015$  podríamos afirmar que se presenta un número reducido de eventos anormales. Sin embargo, puesto que el histograma tiene un marcado sesgo, se tiene la seguridad de que la distribución no es normal. Por tanto es improbable que esta estimación de la capacidad sea correcta.

## 7.2 TEMPERATURA CONDENSADOS



### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		CONDENSED
N		230
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	126,7130
	Std. Deviation	7,61780
Most Extreme Differences	Absolute	,211
	Positive	,138
	Negative	-,211
Kolmogorov-Smirnov Z		3,193
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Normal.

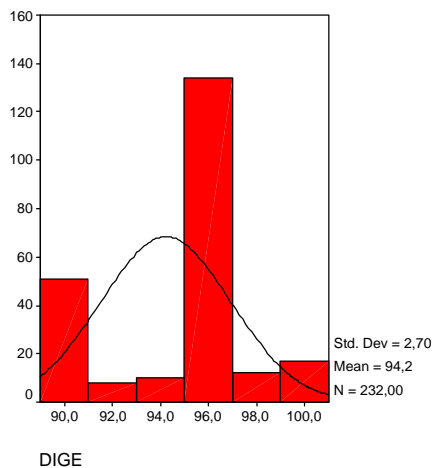
b. Calculated from data.

Garantizar la evacuación de los condensados, permite sostener una temperatura óptima para minimizar las pérdidas de aceite en condensados y aumentar el rendimiento de la planta.

Los puntos que se encuentran por debajo del valor estándar son consecuencia directa de los taponamientos en los ductos de descarga o salida de condensados y fallas de vapor.

El  $C_p = 0.50$  indica que el proceso es muy sensible y permite la ocurrencia de eventos anormales. Según los resultados obtenidos al calcular el  $C_{pk} = 1$ , el proceso permite cumplir con otra de los requerimientos en la operación, que la temperatura de condensados permanezca en  $130^\circ\text{C}$ .

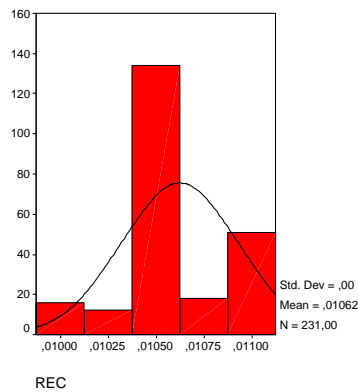
### 7.3 TEMPERATURA EN DIGESTORES



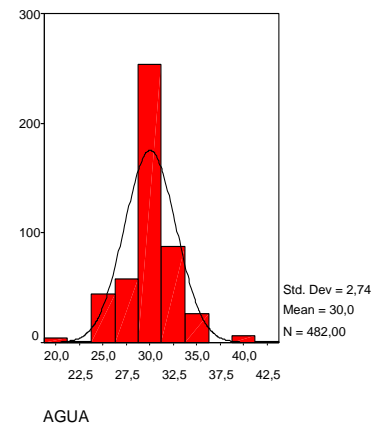
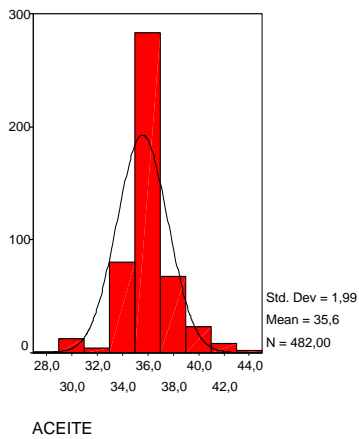
La temperatura adecuada en los digestores es  $90^\circ\text{C}$ , como se puede observar en el histograma que todos los registros superan el valor estándar, situación que favorece realmente la operación de digestión y disminuye las pérdidas de aceite en torta. El  $C_{pk} = 1$  hallado indica que se cumplen las

especificaciones definidas para un óptimo proceso de extracción. Analizando el histograma y revisando la prueba de normalidad se observa el incumplimiento de la normalidad, por lo tanto los resultados obtenidos pueden ser erróneos.

Al conocer el incumplimiento de la normalidad se transformaron los datos obteniéndose una situación similar.

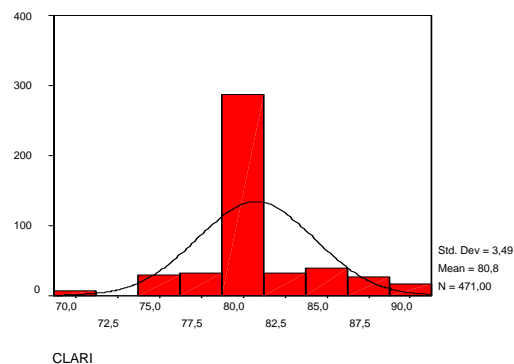


#### 7.4 DILUCIÓN (ACEITE: AGUA 1:1)



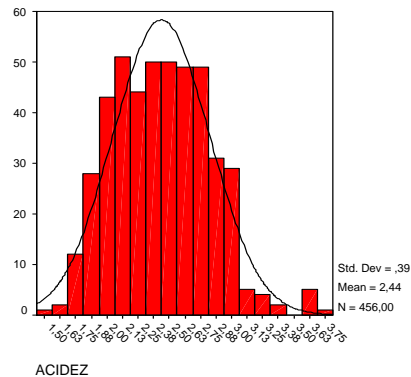
Controlar la dilución es importante en el proceso de extracción, para mejorar la separación del aceite y el agua, se puede observar que los registros indican puntos por encima y por debajo del valor estándar, esto debido a ciertas causas que son detectadas y corregidas inmediatamente. El índice calculado para el aceite y para el agua, muestran que el proceso puede cumplir con la especificación definida, aunque como se mencionó en el capítulo anterior se debe realizar algunos diseños experimentales para adaptar el valor de la dilución según las condiciones propias de la planta.

## 7.5 TEMPERATURA CLARIFICADOR



El valor denominado estándar para la temperatura del clarificador es 90 °. Como se puede observar todos los registros tomados en el período de estudio se encuentran por debajo del valor estándar, aunque el índice de capacidad refleja que puede cumplirse las especificaciones; este no es válido, pues, no se cumple uno de los requisitos previos para el cálculo de un índice de capacidad, que el proceso este bajo control estadístico, es apropiado mencionar que en el período de estudio fue necesario ejecutar diferentes acciones en equipo con el departamento de mantenimiento, para mejorar esta condición, lográndose obtener resultados satisfactorios para el proceso.

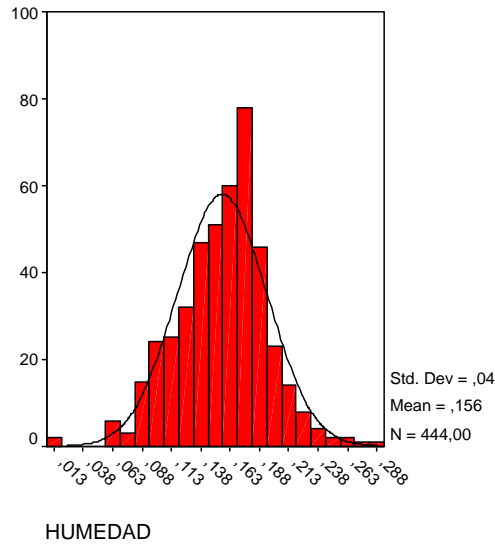
## 7.6 ACIDEZ



Según el gráfico los datos siguen una distribución normal; el valor determinado para definir uno de los parámetros de calidad es  $< 2,85$  si observamos el histograma se registran valores por encima y por debajo de dicho parámetro, es decir que el proceso cumple con la especificación y luego por causas asignables tales como las obras de ampliación que se realizaron en la autoclave, adicionalmente el pico de cosecha produce un almacenamiento de fruto en las tolvas y en ocasiones desfases en los ciclos, lo que afecta directamente la eficiencia de la planta y por ende la acidez

El índice de capacidad se calculó con los datos de un período “estable” para cumplir con las condiciones necesarias para obtener un índice válido. El resultado obtenido es  $C_p = 2.2217$  y  $C_{pk} = 1.23$  lo que hace referencia a un proceso que permite obtener los resultados requeridos por el cliente.

## 7.7 HUMEDAD



Revisando los valores obtenidos en los registros de humedad y los cálculos de los índices de capacidad se puede observar que es necesario reducir la variabilidad del proceso, El valor definido para esta variable es máximo 0.2, por lo tanto la humedad es otra de las variables de calidad del producto terminado que en la planta extractora de la empresa Oleaginosas Las Brisas se cumple con el esfuerzo de todo el personal de proceso, pero se debe analizar la variabilidad y lograr reducirla para obtener un índice de capacidad, que represente el cumplimiento de las especificaciones del cliente.

Para las variables que tienen un índice de capacidad mayor que 1, se puede decir que están en un estado ideal. En este caso se deben aplicar las gráficas de control y demás herramientas básicas para prevenir la ocurrencia de causas especiales que perjudiquen el desempeño futuro del proceso.

## 8. DETERMINACIÓN DEL NIVEL SIGMA

Una vez se han calculado los índices de capacidad, se debe determinar el nivel sigma, para esto es necesario revisar el resultado obtenido en la tabla 16.

<b>Porción caída del proceso (en ppm defectuosas)</b>		
PCR	Especificaciones Unilaterales	Especificaciones Bilaterales
0.25	226 628	453 255
0.50	66 807	133 614
0.60	35 931	71 861
0.70	17 865	35 729
0.80	8 198	16 395
0.90	3467	6 934
1	1350	2 700
1.10	484	967
1.20	159	318
1.30	48	96
1.40	14	27
1.50	4	7
1.60	1	2
1.70	0.17	0.34
1.80	0.03	0.06
2	0.0009	0.0018

Tabla 16. Valores de índice de capacidad del proceso ( $C_p$ )

Y de la porción caída asociada para un proceso con una Distribución normal (en ppm defectuosas) que está bajo Control estadístico.

Los valores de ppm ( partes por millón defectuosas ) en el caso particular de las variables del proceso de extracción hace referencia a la capacidad del proceso de mantener las condiciones óptimas requeridas para el buen funcionamiento de la planta , entonces, cada ocurrencia de un situación anormal o una observación que perjudique el proceso se considera una ppm defectuosa.

En la tabla 17 se presentan los valores de ppm defectuosos para las variables críticas y de producto terminado y el respectivo nivel sigma.

	<p><b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS</b>  <b>PLANTA EXTRACTORA</b>  <b>NIVEL SIGMA Y DPP (defectuosas)</b></p>
---	--

VARIABLE	Cp	ppm ( def)	NIVEL SIGMA
PRESIÓN	0,56455073	133614	1,72
Tº CONDENSADOS	0,50000767	133614	1,72
Tº DIGESTORES	0,50002563	133614	1,72
DILUCIÓN (ACEITE)	1,00000058	2700	4,4
DILUCIÓN (AGUA)	1,00001759	2700	4,4
Tº CLARIFICACIÓN	0,43601825	261470	2,8
ACIDEZ	2,22170253	0,0018	6
HUMEDAD	0,81669321	8198	3

Tabla 17 Nivel Sigma y ppm (def) para variables críticas

Determinado el nivel seis sigma correspondiente para cada variable, se tiene otra medida útil que determina la toma de decisiones acerca de las variables u condiciones donde deben orientarse los esfuerzos de todo el personal.

Analizando los resultados se observa que la característica de calidad (acidez) tiene un nivel sigma 6 o más de esta manera se aprecia como el proceso está funcionando por debajo de las especificaciones.

El diagnóstico muestra cómo el proceso puede cumplir con las especificaciones que se han establecido para la venta en el mercado.

Para la característica de producto terminado (humedad) es necesario reducir la variabilidad que se presenta, con el fin de aumentar el nivel sigma y garantizar el cumplimiento de las especificaciones.

Referente a las condiciones de operación del proceso, se observan algunas variables que pueden ser mejoradas significativamente para evitar paradas, pérdidas y bajo rendimiento de la planta.

Los esfuerzos deberán orientarse a garantizar Presión, T° condensados, T° digestores y T° clarificación requeridas para el normal funcionamiento de la planta extractora; La herramienta indicada para esta situación es la aplicación continua del CEP para identificar causas asignables, además es necesario reevaluar los parámetros para identificar cambios significativos.

En la tabla 18 se presenta una breve descripción del proceso de aplicación de las etapas de la metodología seis sigma en el proceso de extracción de aceite planta extractora Oleaginosas Las Brisas S.A.



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS  
PLANTA EXTRACTORA  
DESCRIPCIÓN METODOLOGÍA SEIS SIGMA**

<b>ETAPA</b>	<b>ALCANCE</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
<b>DEFINIR EL PROBLEMA</b>	En esta etapa se define claramente el problema a trabajar, se justifica, se identifican las especificaciones o requerimientos, se realiza un diagnóstico de la situación actual y se proyectan las ventajas o beneficios si se logra una mejora en las condiciones.	Utilizando la metodología de Análisis de Criticidad y AMFE, se identificaron las variables críticas del proceso que serían objetivo del estudio.
<b>MEDIR</b>	En esta etapa se describen los objetivos además se especifican la frecuencia de medición y la toma de datos, se persigue la identificación de las causas reales de los problemas	Se recopilaron datos históricos para establecer, los parámetros preliminares, además se consideró la frecuencia de medición establecida actualmente por los jefes de turno y laboratoristas.
<b>ANALIZAR</b>	Una vez identificada la causa asignable, se propone el empleo de herramientas de gestión de calidad	Con el empleo de los Gráficos de Control, en el período de Diciembre 2004 y enero 2005, se monitoreó el comportamiento de cada una de las variables, identificando los puntos fuera de los límites de control.
<b>MEJORAR</b>	Deben llevarse a cabo acciones correctivas que eliminen las causas asignables	En equipo con el departamento de mantenimiento, personal de proceso, laboratorista y jefe de turno, se investigaron las causas asignables y se diseñó el plan de acción para eliminarlas.
<b>CONTROLAR</b>	El seguimiento continuo es primordial para verificar Correctivas que debían ejecutarse para eliminarlas en el proceso.	Operarios, laboratoristas y jefes de proceso que participaron en el proceso contarán con un módulo informativo donde se explicará todo el proceso de control y se definirán todos los conceptos necesarios para continuar con el proceso de mejoramiento continuo y control de Proceso El comité de Control de Proceso tendrá como función el seguimiento para verificar la estabilidad del proceso e identificar situaciones anormales

Tabla 18. Descripción Aplicación Metodología Seis Sigma

## 9. PLAN DE ACCIÓN

El Control Estadístico permite obtener un registro claro del proceso, por lo tanto es necesario establecer esta metodología como un procedimiento rutinario, el cual genera una cultura de búsqueda y análisis de situaciones anormales que alteran el proceso, definiendo las causas asignables y ejecutando acciones correctivas para eliminarlas. Además esta herramienta complementa la toma de decisiones con base a registros y situaciones reales.

La efectividad de la correcta aplicación de esta técnica depende del compromiso de todo el personal y el seguimiento de las situaciones.

El plan de acción hace énfasis en darle continuidad al proceso de mejora, estableciendo una serie de actividades claramente definidas que permiten de manera sencilla revisar y ejecutar la metodología de control en el proceso de extracción de aceite; además tiene como objetivo proporcionar de forma ordenada herramientas para el control y monitoreo de las variables críticas del proceso, tales como un plan de calidad y registros (Anexo L) según las nuevas necesidades por la ampliación de la planta extractora.

Adicionalmente se presentan algunas propuestas para el control de operaciones, pues, es importante para garantizar la minimización de las pérdidas y la optimización del proceso.

## **9.1 COMITÉ CONTROL PROCESO**

El comité Control tiene como objetivo comprometer al personal del proceso en el monitoreo de las variables y condiciones requeridas, para el funcionamiento de la planta extractora, por medio del empleo de herramientas estadísticas. Para analizar situaciones anormales y enfocar los esfuerzos en las operaciones críticas del proceso.

Las personas que deben pertenecer al comité son: Jefes de Proceso, laboratoristas y operarios, con nociones en herramientas estadísticas y conocimiento del proceso.

En el plan de capacitación (Anexo I) se proponen todos los temas necesarios para adquirir un conocimiento básico en control de proceso, de esta manera las personas que participen en el módulo informativo, cumplirán el requisito mencionado.

En la tabla 19 se presentan las actividades que debe realizar el comité, en complemento de sus funciones, adicionalmente se definen los objetivos de cada una, el responsable y los recursos necesarios para cumplirlo. Además en Anexo H se presenta un Diagrama de las actividades necesarias para realizar el control de proceso en la planta extractora.



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.**  
**PLANTA EXTRACTORA**  
**ACTIVIDADES COMITÉ CONTROL PROCESO**

ETAPA	ACTIVIDAD	OBJETIVO	RESPONSABLE
<b>COMPROMISO</b>	Conformar con el personal capacitado el Comité Control de Proceso.	Comprometer al personal del proceso en el monitoreo de las variables y condiciones requeridas, para el funcionamiento de la planta extractora; por medio del empleo de herramientas estadísticas	Jefe De Turno
<b>PUNTUALIDAD</b>	Fijar día, hora y duración de la reunión	Realizar la reunión en el horario, día y sólo en el tiempo previamente establecido, con el fin de no interrumpir el proceso u ocasionar retrasos en otras actividades	Personal Comité Control
<b>CUMPLIMIENTO</b>	Definir claramente el objetivo de la reunión	Cumplir el objetivo propuesto al inicio de la reunión, de lo contrario debe redefinirse el propósito de la misma.	Personal Comité Control
<b>RECOPIACIÓN</b>	Recolectar registros de variables por operación, esto debe realizarse por una persona del comité perteneciente a cada turno	Tomar al información necesaria que permita analizar el proceso	Persona por turno
<b>ANALISIS</b>	Presentar al Comité la información recopilada, resaltando las situaciones anormales y las variables de interés. Además debe informarse las actividades que se ejecutaron para Control del proceso.	Conocer el comportamiento de las variables de control del proceso.	Personal Comité Control
<b>TOMA DE DECISIONES</b>	Proponer soluciones para evitar la ocurrencia de eventos anormales, que perjudican el proceso, aumentan pérdidas y disminuyen el rendimiento de la planta.	Ejecutar las soluciones propuestas por el comité	Personal Planta Extractora

NOTA: Al culminar la reunión del comité debe registrar en el formato de ACTAS DE COMITÉ los temas tratados y compromisos adquiridos con Responsables posteriormente debe enviarse copia a Jefe de Planta y Gerencia. Los temas tratados en el comité deben comunicarse a todo el personal de la planta.

Tabla 19 Actividades Comité Control Proceso



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.**  
**PLANTA EXTRACTORA**  
**PROPUESTAS DE MEJORA POR OPERACIÓN**

<b>OPERACIÓN</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>
ESTERILIZACIÓN	Desarrollar un proyecto de Automatización de las tres autoclaves	Control ciclos de esterilización, según condiciones de fruto a procesar
	Diseñar e Instalar un Sistema de Eléctrodos en las tres Autoclaves, para controlar la evacuación de condensados, evitando el lavado de fruto	Minimizar pérdidas de aceite en condensados
DESFRUTACIÓN	Enviar directamente las frutas sueltas al transportador de fruto evitando la operación de Desfrutación.	Minimizar pérdidas por impregnación en raquis
DIGESTORES	Desarrollar un proyecto de automatización que controle el llenado y la alimentación del desfrutador a los digestores	Mantener los digestores llenos
CLARIFICACIÓN	Instalar una válvula termostática de vapor para controlar en la alimentación la temperatura.	Mantener la temperatura en el clarificador entre 90 y 95 °C
PALMISTERIA	Establecer parámetros de operación en el sistema de palmisteria (Columna Neumática de finos y cáscaras) por medio de un sistema de graduación.	Minimizar pérdidas en finos Disminuir impurezas en la almendra

Tabla 20. Propuestas de mejora por Operación





 <b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.</b>		<b>PLAN CONTROL DE CALIDAD</b>			
		<b>EXTRACCION DE ACEITE CRUDO DE PALMA</b>			
		<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>INSPECCION</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>FRECUENCIA</b>
<b>RECEPCION Y ALMACENAMIENTO</b>	Calidad de Madurez	Maduro Sobre maduro, Verde, Pedúnculo largo.	Cada vez que se recibe fruto en la tolva	Supervisor de fruto	100-120
<b>ESTERILIZACIÓN</b>	Perdidas de Aceite en condensados	Cantidad de Aceite contenido en la muestra 3,5% perdida	Después de iniciar el proceso cada 60 min. Dos veces a la semana	Laboratorista	200 CC en una probeta hasta completar 1000cc aprox. para tomar una muestra para análisis de 50 CC
<b>DESEFRUTACIÓN</b>	Pérdida de aceite por fruta adherida al raquis	Cantidad de frutos adheridos a la muestra de tusas máx. 24 % en BSSA	Cada 60 m Se saca de la Banda transportadora una tusa, una vez por semana	Laboratorista	Se toma 1 raquis por toma de muestra
	Pérdida de aceite por impregnación en el raquis	Cantidad de aceite en la muestra analizada Máx. 0,49% AC/RFF	Cada 60 m Se saca de la banda transportadora de tusas una tusa diariamente	Laboratorista	Se toma 1 raquis por toma de muestra 15 gr. Para extracción
<b>DIGESTIÓN Y PRENSADO</b>	Pérdida de aceite por impregnación en la fibra	Cantidad de aceite contenido en la muestra Máx. 0,55% Aceite/RFF	cada 60 minutos se toman 150 gr. aprox.	Laboratorista	Se homogenizan y se toma 10 gr. para Extracción
<b>CLARIFICACIÓN</b>	% Volumétrico de aceite y % Vol. de agua	35% Aceite 35% Agua	Toma de muestras cada 60 min. a la entrada del separador	Laboratorista	10 CC para centrifugar
	% Volumétrico de aceite	<7% Aceite	Toma de muestras cada 60 min. a la salida del separador	Laboratorista	10 CC para centrifugar

Tabla 21 Plan de Calidad

		PLAN CONTROL DE CALIDAD			
		EXTRACCION DE ACEITE CRUDO DE PALMA			
PROCEDIMIENTO	INSPECCION	CRITERIO	FRECUENCIA	RESPONSABLE	MUESTREO
<b>CLARIFICACIÓN</b>	% Volumétrico de aceite recuperado	Min. 18 %	Toma de muestras cada 60 min. a la salida del separador	Laboratorista	10 CC para centrifugar
	% Aceite en descarga de la centrifuga	Se recogen 200cc cada 60 min. durante el proceso Norma 0%	Toma de 50 CC de lodos de la muestra total recogidas de las descargas de las Centrifugas.	Laboratorista	10 CC para centrifugar
	Pérdida de aceites en aguas lodosas	% aceite presente en las aguas lodosas para cada una de las centrifugas Norma Máx. 20% BSSA	Se recogen 200 CC cada 60 min. durante el proceso	Laboratorista	Toma de 50cc de lodos de la muestra total recogida de las descargas de las centrifugas
	% Acidez del aceite	Máx. 2.85%	Se toman 100 CC de muestra cada 1 horas a la salida del secador	Laboratorista	5 gramos
	% Humedad aceite de palma % Impurezas en aceite de palma	% Humedad máx. 0,20 % Impurezas máx. 0.034	Se toman 100 CC de muestra cada 1 horas a la salida del secador Se toman 100CC una vez por día a la salida del secador	Laboratorista Laboratorista	10 gr. 20 gr.
<b>ALMACENAMIENTO DE ACEITE CRUDO DE PALMA</b>	% Acidez de aceite de palma	% Acidez < 3,0	Se toman 100 CC una vez por día	Laboratorista	5 gramos
	% Humedad del aceite de palma	% Humedad < 0,30	Se toman 100 CC una vez por día	Laboratorista	10 gramos
	% Impurezas del aceite de palma	% Impurezas <0,02	Se toman 100 CC de una vez por día	Laboratorista	20 gramos
		PLAN CONTROL DE CALIDAD			

		EXTRACCION DE ACEITE CRUDO DE PALMA			
PROCEDIMIENTO	INSPECCION	CRITERIO	FRECUENCIA	RESPONSABLE	MUESTREO
<b>DESPACHOS DE ACEITE</b>	% Acidez de aceite de palma	% Acidez < 3,2	Despacho	Laboratorista	5 gramos
	% Humedad del aceite de palma	% Humedad < 0,30	Despacho	Laboratorista	20 gramos
	% Impurezas del aceite de palma	% Impurezas <0,02	Despacho	Laboratorista	10 gramos
<b>CONTROL DE PALMISTERIA</b>	Análisis de rompe dores Perdida almendra terminada Análisis de finos	% Nuez Rota  < 7% < 6%	Según toma muestra de pérdida  Cada 60 min. Cada 60 min.	Laboratorista Laboratorista Laboratorista	1000 gr.  1000 gr. 1000 gr. Recolección fibra 20 m Recolección Nuez 20 m Recolección Almendra Seca 20 m
	Balance de Masa Palmisteria	Condiciones Proceso Normal	Un día a la semana	Laboratorista	
	Histograma de Nuez	Diámetro de la Nuez	Determinada por el Jefe de Proceso	Laboratorista	Cada muestra de 250 gr. se analizan 1000gr
<b>CONTROL CALIDAD DE ALMENDRA</b>	% Acidez de almendra	Acidez 0,40%	Una vez por día	Laboratorista	Cada 60min se toman aprox. 150 gr. para analizar1000 gr.
	% Humedad de almendra	Humedad 8%	Una vez por día	Laboratorista	Cada60 min. se toman aprox. 150 gr. para analizar1000 gr.
		<b>PLAN CONTROL DE CALIDAD</b>  <b>EXTRACCION DE ACEITE CRUDO DE PALMA</b>			

<b>CONTROL CALIDAD DE ALMENDRA</b>	% Impurezas de almendra	Impurezas 6%	Una vez por día	Laboratorista	Cada 60 min. se toman aprox. 150 gr. para analizar 1000 gr.
<b>PERDIDA DE ACEITE POR EXTRACCIÓN</b>	Centrifuga 6000	13,80%	Cada 60 min.	Laboratorista	Cada 60 min. se toman aprox. 200 CC para analizar 50 CC
	Centrifuga 3000	13,80%	Cada 60 min.	Laboratorista	Cada 60 min. se toman aprox. 200 CC para analizar 50 CC
	Efluentes	5%	Cada 60 min.	Laboratorista	Cada 60 min. se toman aprox. 200 CC para analizar 50 CC
<b>DESPACHO DE ALMENDRA</b>	% Acidez de almendra	Acidez 0,40%	Despacho	Laboratorista	Todos los bultos
	% Humedad de almendra	Humedad 8%	Despacho	Laboratorista	Todos los bultos
	% Impurezas de almendra	Impurezas 6%	Despacho	Laboratorista	Todos los bultos
<b>ANALISIS DE RACIMOS</b>	Potencial de Aceite en Racimo	% Aceite alcanzado en pulpa fresca	Según Programación Agronomía	Laboratorista	Cantidad de racimos suministrados
<b>TRATAMIENTO DE AGUAS PROCESO</b>	PH Calderas	PH 10,5 11,5	1 día/ semana	Laboratorista	1000 CC
	PH	>7	3 días / semana	Laboratorista	1000 CC
<b>PISCINA DE OXIDACIÓN</b>	Capacidad Buffer	<0,2	3 días / semana	Laboratorista	1000 CC se toman 50 CC para muestra



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.  
PLANTA EXTRACTORA  
FORMATO ACTAS COMITÉ CONTROL PROCESO**

**FECHA:**  
**HORA:**  
**LUGAR:**

**ASISTENTES**

**AUSENTES**

<b>Tema Tratado</b>	<b>Compromiso</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha Ejecución</b>	<b>Fecha Verificación</b>

## CONCLUSIONES

De la aplicación del Programa de Control Estadístico de Procesos en la Planta Extractora de Aceite Oleaginosas Las Brisas S.A.; se concluye lo siguiente:

- Para la característica de calidad acidez el nivel de sigma 6 encontrado durante el período de seguimiento, indica que el proceso puede cumplir ampliamente con las especificaciones que se han establecido en el mercado.
- Para la humedad el nivel sigma calculado 3 indica que deben identificarse las causas asignables para disminuir la variabilidad e incrementar el nivel sigma.
- De las variables o condiciones de operación se pudo concluir que debe realizarse el seguimiento exhaustivo apropiado para la eliminación de las causas asignables que ocasionan variabilidad en el proceso, aumento de pérdidas y bajo rendimiento de la planta.
- El uso de las herramientas estadísticas, no soluciona los problemas de la planta extractora, sólo actúan como alarmas que indican la ocurrencia de eventos anormales en el proceso, las personas responsables son las encargadas de investigar las causas y ejecutar las acciones correctivas apropiadas, partiendo de la información recopilada con las herramientas. Por lo tanto la efectividad de la aplicación de las técnicas dependen del compromiso del personal y de la habilidad de tomar decisiones y realizar los ajustes necesarios.

- La metodología utilizada en el proceso de extracción de aceite, con las variables denominadas críticas permitió conocer los parámetros del proceso, el rango de variación, el índice de capacidad y nivel sigma además la familiarización con la correcta interpretación del mismo.
- Con el seguimiento de las variables críticas mediante un período de control, se logró identificar causas asignables de variación para cada variable analizada con la colaboración del personal de proceso y laboratoristas.
- Se logró motivar al personal de la planta extractora en el aprendizaje y la aplicación de las técnicas estadísticas.
- La técnica Seis Sigma es usada como una herramienta que complementa el proceso de control y permite relacionarlo con las exigencias del cliente.
- El personal que labora en la Planta Extractora de la empresa Oleaginosas Las Brisas S.A. está comprometido con el control del proceso, pero se les debe proporcionar información, técnicas y herramientas que le permitan participar en las actividades del proceso de mejoramiento continuo.
- El nivel de escolaridad del personal de la planta extractora, se convierte en una barrera para la participación del personal en las actividades concernientes al proceso de mejoramiento y control.
- La información correspondiente a las operaciones del proceso, es de fácil acceso para realizar análisis y seguimiento de las variables.

<b>CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS</b>	
Objetivo específico No. 1: Realizar un diagnóstico del comportamiento actual del proceso extracción orientado por la metodología Seis Sigma	Logro: Capítulo 5. DIAGNOSTICO SITUACIÓN ACTUAL. Capítulo 8. DETERMINACIÓN NIVEL SIGMA
Objetivo específico No. 2: Identificar las variables críticas en el proceso de extracción de aceite.	Logro: Capítulo 5. DIAGNOSTICO SITUACIÓN ACTUAL
Objetivo específico No. 3: Diseñar herramientas metodológicas que permitan el monitoreo de las variables críticas en el proceso.	Logro: Capítulo 9. PLAN DE ACCIÓN y ANEXO L
Objetivo específico No. 4: Establecer los índices de capacidad del proceso de extracción aceite de palma en la empresa Oleaginosas Las Brisas S.A.	Logro: Capítulo 7. ÍNDICE DE CAPACIDAD
Objetivo específico No. 5: Diseñar y ejecutar un programa de capacitación de acuerdo a los resultados obtenidos.	Logro: Capacitación Personalizada meses Diciembre 2004, Enero 2005. Modulo Informativo. ANEXO J Material Capacitación ANEXO K Diapositivas Capacitación

Logros Adicionales: Análisis y Seguimiento pérdidas Diciembre 2004, Enero 2005.
Participación COMITÉ PARITARIO DE SALUD OCUPACIONAL ( COPASO) Agosto a Noviembre 2004
Organización Ciclo Capacitaciones Agosto a Octubre 2004
Diseño Diagrama Obras Civiles Proyecto Ampliación Elaboración Presupuesto Departamento Mantenimiento año 2005

## RECOMENDACIONES

- Realizar la revisión de los parámetros de control establecidos para el control de las variables críticas del proceso de extracción de aceite.
- Ampliar paulatinamente la aplicación de cartas de control a todas las variables del proceso; además incluir el control gráfico en el análisis las pérdidas.
- Revisar los índices de capacidad del proceso de extracción de aceite y los niveles sigma, para garantizar la habilidad de cumplir con las condiciones requeridas para el buen funcionamiento del proceso y con las especificaciones del cliente.
- Realizar un análisis de un diseño de experimentos para encontrar la dilución que se ajuste a las condiciones de la planta extractora Oleaginosas Las Brisas S.A. (ver anexo G )
- Se debe resaltar el programa de capacitación que la empresa en convenio con el Colegio Agropecuario de Puente Sogamoso, realiza para los trabajadores interesados de la empresa Oleaginosas Las Brisas S.A. en los niveles de básica primaria y secundaria. Debe continuarse con la motivación para todo el personal con el fin de eliminar el bajo nivel de escolaridad que se presenta en varias dependencias.
- En la empresa actualmente se rota el personal del proceso, lo cual es muy importante en el Control Estadístico, cuando se necesita identificar las causas asignables de variación en una variable o condición.

- Crear Convenio con el SENA para ofrecer capacitación técnica sobre el Proceso de Extracción de Aceite de Palma al personal de la planta extractora

## BIBLIOGRAFÍA

MONTGOMERY, Douglas C. Control Estadístico de la Calidad, Tercera Edición, México, 2004. 350 p.

MONGOMERY Douglas. RUNGER George. Probabilidad Y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. México DF. Mc Graw Hill. 1998. 895 p.

JIMENEZ Jorge. La Metodología Seis Sigma. Una Herramienta De Mejora Continua, Salvador. 7 p.

HUERTA Mendoza Rosendo. Gerencia de Mantenimiento, Venezuela. 1999

URIBE, León Dario. Documento Eficiencia Rendimiento Planta Extractora, 1999

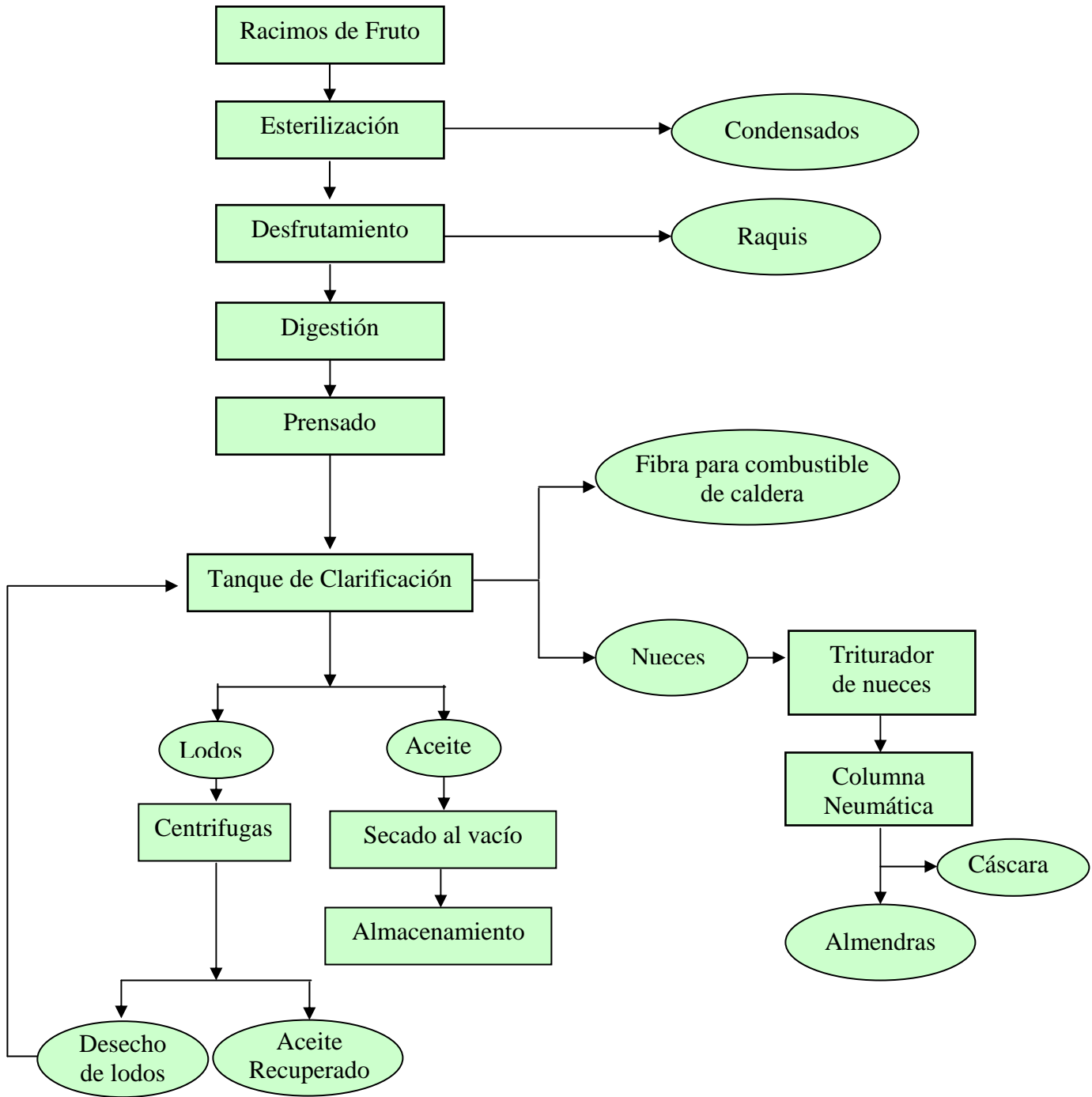
BERNAL, Guillermo A. Conferencias Proceso Extracción Aceite Palma, Indupalma.

MANUAL PLANTA EXTRACTORA, Oleaginosas Las Brisas S.A.


CENIPALMA, Manual Laboratorio Planta Extractora Aceite de Palma.

# ANEXOS

**ANEXO A**  
**FLUJO ESQUEMÁTICO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE Y DE**  
**ALMENDRA DE PALMA**



## ANEXO B

		<b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.</b>					
<b>Encuesta de Evaluación de Criticidad</b>							
Persona Entrevistada						<b>Propósito de este trabajo:</b>	
Fecha:						El estudio de criticidad es una metodología que ayuda a identificar las variables críticas el proceso para enfocar los esfuerzos y facilitar la toma de decisiones.	
Elaborado Por:	Angela María Ramírez Celis						
Variables <b>ESTERILIZACIÓN</b>	Nivel de Producción	Frecuencia del Evento	Influencia Pérdidas	Influencia en calidad producto final	Impacto en Seguridad		
PRESIÓN							
Tº CONDENSADOS							
TIEMPO CICLO							
<b>DEFRUTAMIENTO</b>							
ALIMENTACIÓN CONTINUA							
CALIDAD ESTERILIZACIÓN							
<b>PRENSADO</b>							
AMPERAJE							
PRESIÓN							
Tº AGUA							
Tº DIGESTORES							

<b>PALMISTE</b>							
VELOCIDAD CICLÓN							
DESFIBRADO OPTIMO							


Observaciones:

.....

.....

.....

## ANEXO C

 <p style="margin: 0;"><b>OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.</b></p> <p style="margin: 0;"><b>PLANTA EXTRACTORA</b></p> <p style="margin: 0;"><b>ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS</b></p>			
<b>Variable:</b> T° CONDENSADOS		<b>Elaborado Por:</b> Angela Maria Ramírez Celis	
		<b>NPR crítico: 36</b>	
<b>Operación:</b>  ESTERILIZACIÓN		<b>Fecha</b> Dic 6/2004	<b>Hoja</b> 1 de 1
<b>Evento:</b> T° Inferior a 130 ° C			
<b>Causas de Ocurrencia del Evento</b> <span style="float: right;"><b>G</b></span>			
No se realiza la evacuación de condensados en la autoclave Taponamientos en los ductos de descarga de condensados Fallas de vapor Temperatura y Presión baja			<b>6</b>
<b>Efectos de Ocurrencia del Evento</b> <span style="float: right;"><b>O</b></span>			
Aumento en las pérdidas de aceite en condensados Disminución de Eficiencia en el Proceso			<b>6</b>
<b>Controles Actuales</b> <span style="float: right;"><b>P</b></span>			
Revisión Cada Hora Presión de las Calderas Mantenimiento cada 8 días Limpieza Bypass			<b>1</b>
<b>Acciones Correctivas</b> Limpieza de los ductos de condensados Alimentación manual de las Calderas			



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.**  
**PLANTA EXTRACTORA**

**ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS**

<b>Variable:</b> <b>Tº DIGESTORES</b>	<b>Elaborado Por:</b> Angela Maria Ramírez Celis	<b>NPR crítico:</b> 35
<b>Operación:</b> PRENSADO	<b>Fecha</b> Dic 6/2004	<b>Hoja</b> 1 de 1
<b>Evento: Tº inferior a 90°C</b>		
<b>Causas de Ocurrencia del Evento</b>		<b>G</b>
No realizar precalentamiento antes de iniciar el proceso Deficiente generación de vapor Mala operación en la inyección de vapor		<b>7</b>
<b>Efectos de Ocurrencia del Evento</b>		<b>O</b>
Inadecuada operación en los digestores Aumento en pérdidas de aceite en torta		<b>5</b>
Macerado Inadecuado		
<b>Controles Actuales</b>		<b>P</b>
Revisión Presión de las Calderas- Generación de Vapor Inspección de la Tº del digestor cada hora por el Jefe de Proceso		<b>1</b>
<b>Acciones Correctivas</b> Alimentación manual de las Calderas, para mejorar el fluido de vapor		



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.**

**PLANTA EXTRACTORA  
ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS**

<b>Variable: DILUCIÓN 1:1</b>				<b>Elaborado Por:</b> Angela Maria Ramírez Celis		<b>NPR crítico: 42</b>	
<b>Operación:</b> CLARIFICACIÓN				<b>Fecha</b> Dic 6/2004		<b>Hoja</b> 1 de 1	
<b>Evento: Dilución con exceso o insuficiente agua</b>							
<b>Causas de Ocurrencia del Evento</b>							
Operación de Esterilización Inadecuada T° Agua inferior a 90 °C Impurezas que entran con el fruto al proceso						<b>G</b> 7	
El grado de maduración de los RFF que se procesa							
<b>Efectos de Ocurrencia del Evento</b>						<b>O</b>	
Aumento en las pérdidas de aceite en lodos							
Operación de clarificación ineficiente						<b>6</b>	
<b>Controles Actuales</b>							
Inspección cada hora del porcentaje de agua y aceite en la dilución Toma muestras en la entrada de clarificador, salida de lodos, entrada y salida de las centrifugas.						<b>P</b> 1	
<b>Acciones Correctivas</b>							
Aumentar o reducir la cantidad de agua en prensas, tamiz de crudo Estrangular la válvula de aceite recuperado							



**OLEAGINOSAS LAS BRISAS S.A.**

**PLANTA EXTRACTORA  
ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS**

<b>Variable: PRESIÓN</b>		<b>Elaborado Por:</b> Angela Maria Ramírez Celis		<b>NPR crítico: 40</b>	
<b>Operación:</b> ESTERILIZACIÓN			<b>Fecha</b> Dic 6/2004	<b>Hoja</b> 1 de 1	
<b>Evento: Presión Inferior 80 PSI</b>					
<b>Causas de Ocurrencia del Evento</b>					<b>G</b>
Falta de vapor Fallas de equipo, fallas de proceso Falta de fruto en prensas Operación inadecuada por parte del operario				<b>8</b>	
<b>Efectos de Ocurrencia del Evento</b>					<b>O</b>
Aumento pérdidas en racimos mal desgranados Ineficiencia en la Operación de Esterilización Inconvenientes en la operación de palmisteria				<b>5</b>	
Condiciones no propias en la operación de desfibrado					
<b>Controles Actuales</b>					<b>P</b>
Almacenamiento de Combustible (cascarilla) Inspección por parte del jefe de proceso				<b>1</b>	
<b>Acciones Correctivas</b> Alimentación manual de combustible a las calderas					

--

PLANTA EXTRACTORA			
ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS			
<b>Variable:</b> T° CLARIFICADOR	<b>Elaborado Por:</b> Angela Maria Ramírez Celis	<b>NPR crítico:</b> 35	
<b>Operación:</b> CLARIFICACIÓN		<b>Fecha</b> Dic 6/2004	<b>Hoja</b> 1 de 1
<b>Evento: T° inferior a 90°C</b>			
<b>Causas de Ocurrencia del Evento</b>			<b>G</b>
No realizar el precalentamiento en el tanque clarificador antes de iniciar el proceso T° Agua inferior a 90 °C T° Digestores inferior a 90°C T° Tanque de crudo y precalentador inferior a 90 ° C			<b>7</b>
<b>Efectos de Ocurrencia del Evento</b>			<b>O</b>
Aumento en las pérdidas de aceite en lodos Viscosidad alta por ende fricción alta impidiendo que la gota de aceite suba y se realice la separación.			<b>5</b>
Si la mezcla a separar de mantiene a baja T° la densidad del aceite se asemeja a la densidad de las aguas lodosas, dificultando la separación estática.			
<b>Controles Actuales</b>			<b>P</b>
Inspección cada hora por el laboratorista Monitoreo por parte del jefe de proceso de los instrumentos de medición			<b>1</b>
<b>Acciones Correctivas</b> Inyección de vapor al tanque clarificador teniendo en cuenta el nivel de llenado			

**ANEXO D**  
**PRUEBA DE NORMALIDAD PARA LAS VARIABLES CRITICAS DEL**  
**PROCESO**

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		PRESIÓN
N		200
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	89,6750
	Std. Deviation	1,41043
Most Extreme Differences	Absolute	,486
	Positive	,399
	Negative	-,486
Kolmogorov-Smirnov Z		6,875
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		CONDENSA
N		200
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	129,7100
	Std. Deviation	2,68738
Most Extreme Differences	Absolute	,277
	Positive	,277
	Negative	-,263
Kolmogorov-Smirnov Z		3,918
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		ACEITE
N		199
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	34,7990
	Std. Deviation	1,31802
Most Extreme Differences	Absolute	,155
	Positive	,155
	Negative	-,135
Kolmogorov-Smirnov Z		2,186
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		AGUA
N		200
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	31,2550
	Std. Deviation	2,16875
Most Extreme Differences	Absolute	,189
	Positive	,189
	Negative	-,161
Kolmogorov-Smirnov Z		2,667
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		CLARIFIC
N		200
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	87,1950
	Std. Deviation	1,99169
Most Extreme Differences	Absolute	,153
	Positive	,153
	Negative	-,149
Kolmogorov-Smirnov Z		2,164
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		DIGESTOR
N		200
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	91,3650
	Std. Deviation	1,73691
Most Extreme Differences	Absolute	,229
	Positive	,229
	Negative	-,211
Kolmogorov-Smirnov Z		3,239
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.



**ANEXO E**  
**RESULTADOS Y GRAFICOS DE CONTROL**

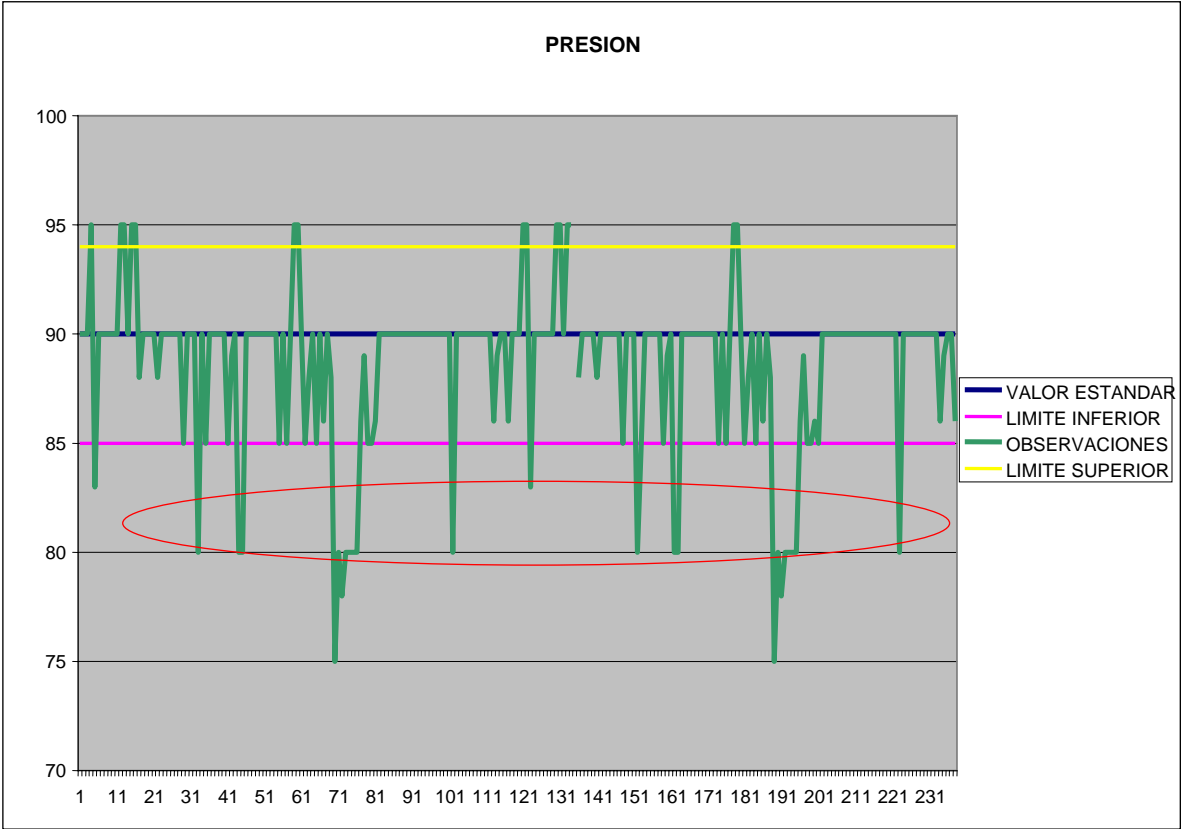
PRESIÓN					
FECHA	PRESIÓN	FECHA	PRESIÓN	FECHA	PRESIÓN
01/12/2004	90		89	22/12/2004	90
	90		90		90
	90		80		90
	95	15/12/2004	80		90
	83		90		90
	90		90		90
02/12/2004	90		90		90
	90		90	23/12/2004	90
	90		90		90
	90		90		90
	90	16/12/2004	90		90
	95		90		90
	95		90		90
04/12/2004	90		85		90
	95		90	24/12/2004	90
	95		85		90
07/12/2004	88		90	27/12/2004	90
	90		95		90
	90		95		90
	90	17/12/2004	90		80
	90		85	28/12/2004	90
06/12/2004	88		88		90
	90		90		90
	90		85		90
	90		90		90
09/12/2004	90		86		90
	90		90		90
	90		88		90
	85		75		90

10/12/2004	90		80		86
	90	20/12/2004	78		89
	90		80	29/12/2004	90
	80		80		90
11/12/2004	90		80		86
14/12/2004	85		80		90
	90	21/12/2004	86		90
	90		89		90
	90		85		95
	90		85		95
	90		86		83
	85		90		90
	90		90		90
	90	31/12/2004	90		90
30/12/2004	90		90		90
	90		90		80
	90		88		
	95		90		
	95		90		
	90		90		
	95		90		
	95		90		
	88		90		
	90		85		

PRESIÓN					
03/01/2005	90		85	13/01/2005	90
	90		90		90
	90		90		90
	95		90		85
	95		80		90
04/01/2005	83	08/01/2004	85		85
	90		90		90
	90		90		95
	90		90		95
	90		90		90
	90		90	15/01/2005	85
	90		85		88
	95		89		90
	95		90		85
	90	11/01/2005	80		90
	95		80	16/01/2005	86
	95		90		90
06/01/2000	88		90		88
	90		90	22/01/2005	75
	90		90		80
	90		90		78
	90		90		80
	88		85		80
	90		90		80
	90		90		80
	90		90	24/01/2005	86
	90		80		89
	90		86		85
	90				85
	86	27/01/2005	80		
25/01/2005	90		90		
	90		90		
	90		90		
	90		90		

	90		90		
	90		90		
	90		90		
	90		90		
	90		90		
26/01/2005	90	30/01/2005	86		
	90		89		
	90		90		
	90		90		
	90		86		
	90				
	90				
	90				
	90				
	90				

GRÁFICO DE CONTROL PRESIÓN DICIEMBRE 2004 ENERO 2005



## TEMPERATURA CONDENSADOS

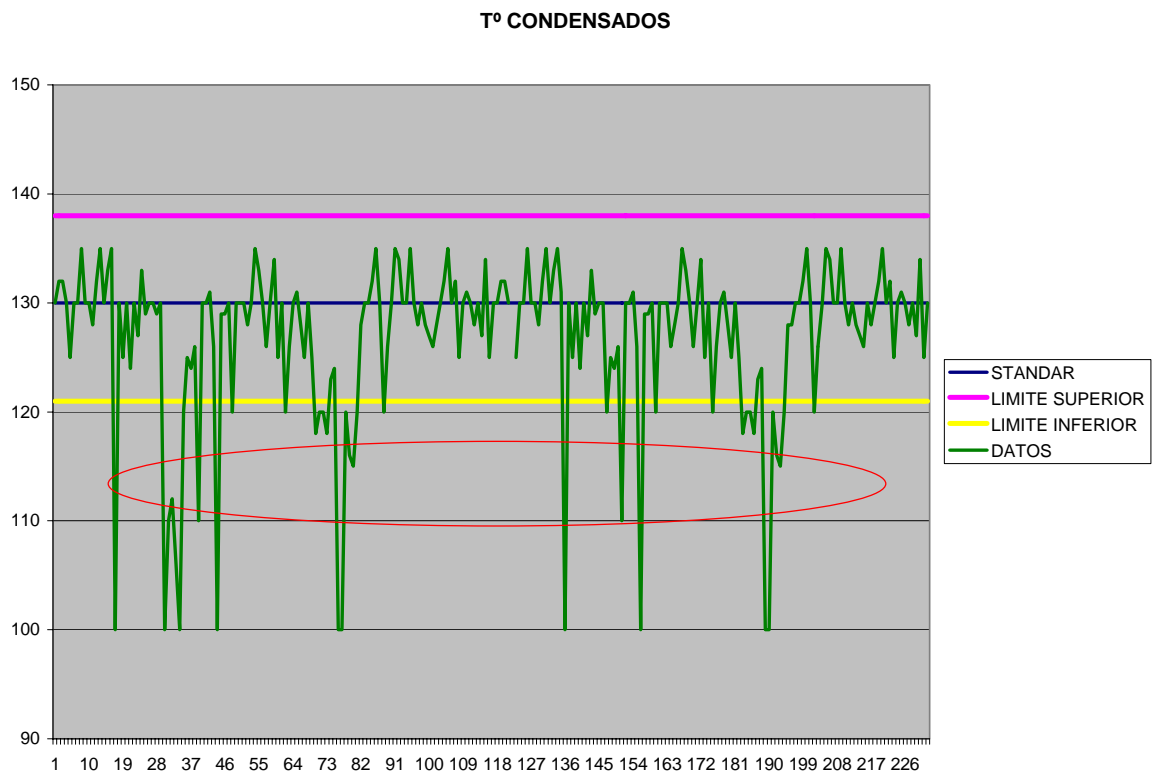
ECHA	T° COND	FECHA	T° COND	FECHA	T° CONDE
01/12/2004	130		126		132
	132		100		135
	132	15/12/2004	129		130
	130		129		120
	125		130		126
	130		120	23/12/2004	130
02/12/2004	130		130		135
	135		130		134
	130		130		130
	130	16/12/2004	128		130
	128		130		135
	132		135		130
	135		133	24/12/2004	128
04/12/2004	130		130		130
	133		126	27/12/2004	128
	135		130		127
07/12/2004	100		134		126
	130		125		128
	125	17/12/2004	130	28/12/2004	130
	130		120		132
	124		126		135
06/12/2004	130		130		130
	127		131		132
	133		128		125
	129		125		130
09/12/2004	130		130		131
	130		125		130
	129		118		128
	130		120		130
10/12/2004	100	20/12/2004	120		127

	110		118	29/12/2004	134
	112		123		125
	106		124		130
11/12/2004	90		100		130
14/12/2004	120	21/12/2004	100		132
	125		120		132
	124		116		130
	126		115		125
	110		120		130
	130		128		130
	130	22/12/2004	130		135
	131		130		
30/12/2004	130	31/12/2004	125		
	130		130		
	128		124		
	132		130		
	135		127		
	130		133		
	133		129		
	135		130		
	131				
	100				
	130				

CONDENSADOS					
FECHA	CONDENSADOS	FECHA	CONDENSADOS	FECHA	CONDENSADOS
03/01/2005	130		129	13/01/2005	128
	132		130		130
	132		100		135
	130		110		133
			112		130
04/01/2005	125		106		126
	130		110		130
	130		100		134
	135	08/01/2004	120		125
	130		125		130
	130		124	15/01/2005	120
	128		126		126
	132		110		130
	135		130		131
	130		130		128
	133		131	16/01/2005	125
	135		126		130
	131	11/01/2005	100		125
06/01/2000	100		129	22/01/2005	118
	130		129		120
	125		130		120
	130		120		118
	124		130		123
	130		130		124
	127		130		100
	133		126		
	129				
	130				
	130				
24/01/2005	100		128		
	120		127		
	116		126		
	115				

	120	27/01/2005	128		
	128		130		
25/01/2005	128		132		
	130		135		
	130		130		
	132		132		
	135		125		
	130		130		
	120		131		
	126		130		
	130		128		
	135	30/01/2005	130		
	134		127		
26/01/2005	130		134		
	130		125		
	135		130		
	130				
	128				
	130				

# GRÁFICO DE CONTROL T° CONDENSADOS DICIEMBRE 2004 ENERO 2005



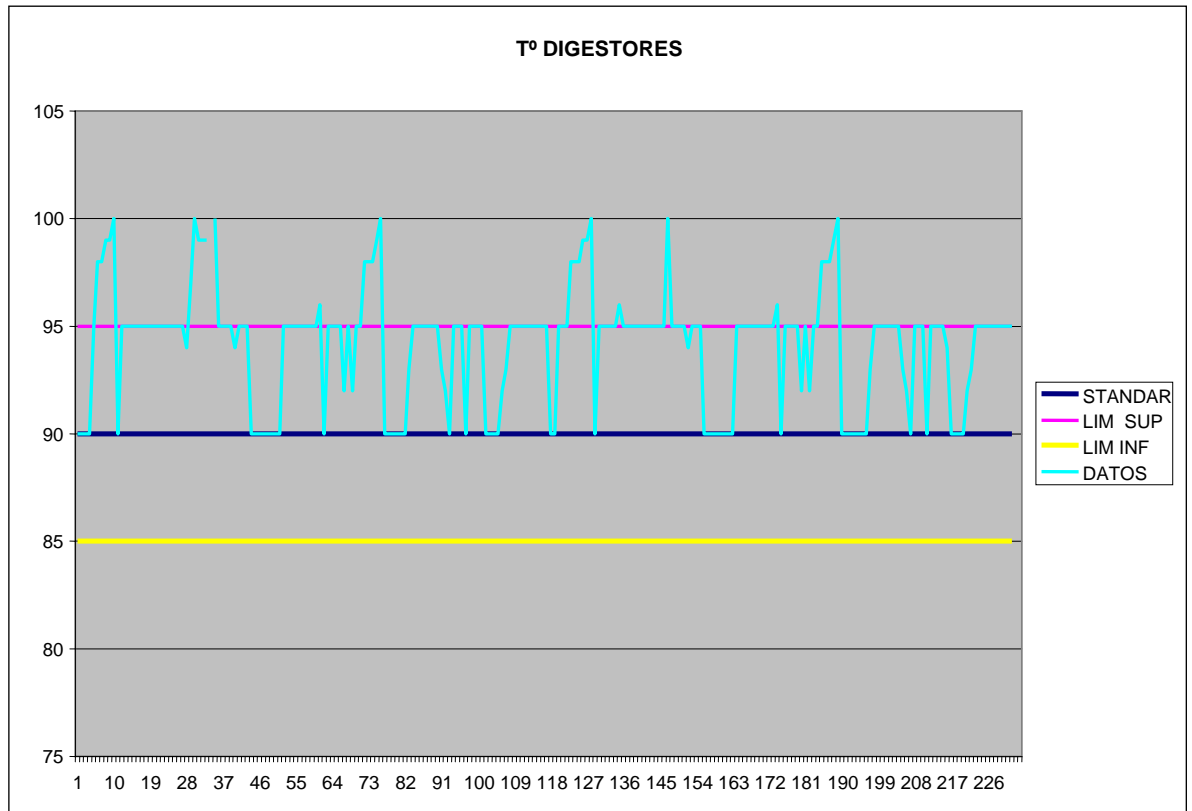
DIGESTORES					
	Tº DIG	FECHA	Tº DIG	FECHA	Tº DIG
01/12/2004	90		95	29/12/2004	95
	90		95		95
	90		95		95
	90	17/12/2004	96		90
	95		90		90
	98		95		95
02/12/2004	98		95		95
	99		95		95
	99		95		98
	100		92		98
	90		95		98
	95		92		99
	95		95	30/12/2004	99
04/12/2004	95		95		100
	95	20/12/2004	98		90
	95		98		95
07/12/2004	95		98		95
	95		99		95
	95		100		95
	95	21/12/2004	90		95
	95		90		96
06/12/2004	95		90		95
	95		90		95
	95		90	31/12/2004	95
	95		90		95
09/12/2004	95	22/12/2004	93		95
	95		95		95
	94		95		95
	97		95		95
10/12/2004	100		95		95
	99		95		95
	99		95		95
	99	23/12/2004	95		95

11/12/2004	120		93		
14/12/2004	100		92		
	95		90		
	95		95		
	95		95		
	95		95		
	94	24/12/2004	90		
	95		95		
	95	27/12/2004	95		
	95		95		
	90		95		
15/12/2004	90		90		
	90	28/12/2004	90		
	90		90		
	90		90		
	90		92		
	90		93		
	90		95		
16/12/2004	95		95		
	95		95		
	95		95		
	95		95		
	95		95		
	95		95		

Tº DIGESTORES					
FECHA	Tº DIG	FECHA	Tº DIG	FECHA	Tº DIG
03/01/2005		13/01/2005	95		90
			95		90
			95		92
			95		93
			95		95
04/01/2005	98		95		95
	98		95		95
	98		95		95
	99		95		95
	99		96	30/01/2005	95
	100	15/01/2005	90		95
	90		95		95
	95		95		95
	95		95		95
	95		95		
	95	16/01/2005	92		
	95		95		
	96		92		
06/01/2000	95	22/01/2005	95		
	95		95		
	95		98		
	95		98		
	95		98		
	95		99		
	95		100		
	95	24/01/2005	90		
	95		90		
	95		90		
	95		90		
	94		90		
	97		90		
	100	25/01/2005	90		
	99		93		

	99		95		
	99		95		
			95		
08/01/2004	100		95		
	95		95		
	95		95		
	95		93		
	95		92		
	94	26/01/2005	90		
	95		95		
	95		95		
	95		95		
11/01/2005	90		90		
	90		95		
	90		95		
	90		95		
	90		95		
	90		94		
	90	27/01/2005	90		
	90		90		

**GRÁFICO DE CONTROL Tº DIGESTORES DICIEMBRE 2004  
ENERO 2005**



ACEITE					
FECHA	ACEITE	FECHA	ACEITE	FECHA	ACEITE
01/12/2004	35		36	24/12/2004	35
	36		38		36
	36		38	27/12/2004	30
	35		36		31
	35	16/12/2004	35		37
	35		35		36
	36		37		36
02/12/2004	34		34	28/12/2004	36
	36		35		35
	36		35		35
	38		36		34
	37		35		35
	36		35		36
	35	17/12/2004	35		34
04/12/2004	35		37		36
	36		36		35
	36		36		34
	37		35		35
07/12/2004	35		33		36
	34		35	29/12/2004	36
	36		34		37
	34		35		30
	35		38		35
06/12/2004	36		37		34
	35	20/12/2004	35		36
	35		36		30
	34		34		35
09/12/2004	27		36		35
	34		34		34
	37	21/12/2004	36		35
	36		35		36
10/12/2004	35		34	30/12/2004	30
	36		30		35

	30		34		35
	35		35		30
	36		34		36
11/12/2004	36	22/12/2004	35		35
14/12/2004	30		36		40
	32		35		39
	33		36		37
	33		34		38
	40		36		36
	38		35	31/12/2004	36
	39	23/12/2004	34		37
	37		37		35
	38		36		36
	39		40		35
15/12/2004	34		35		
	35		34		
	35		35		
	36				

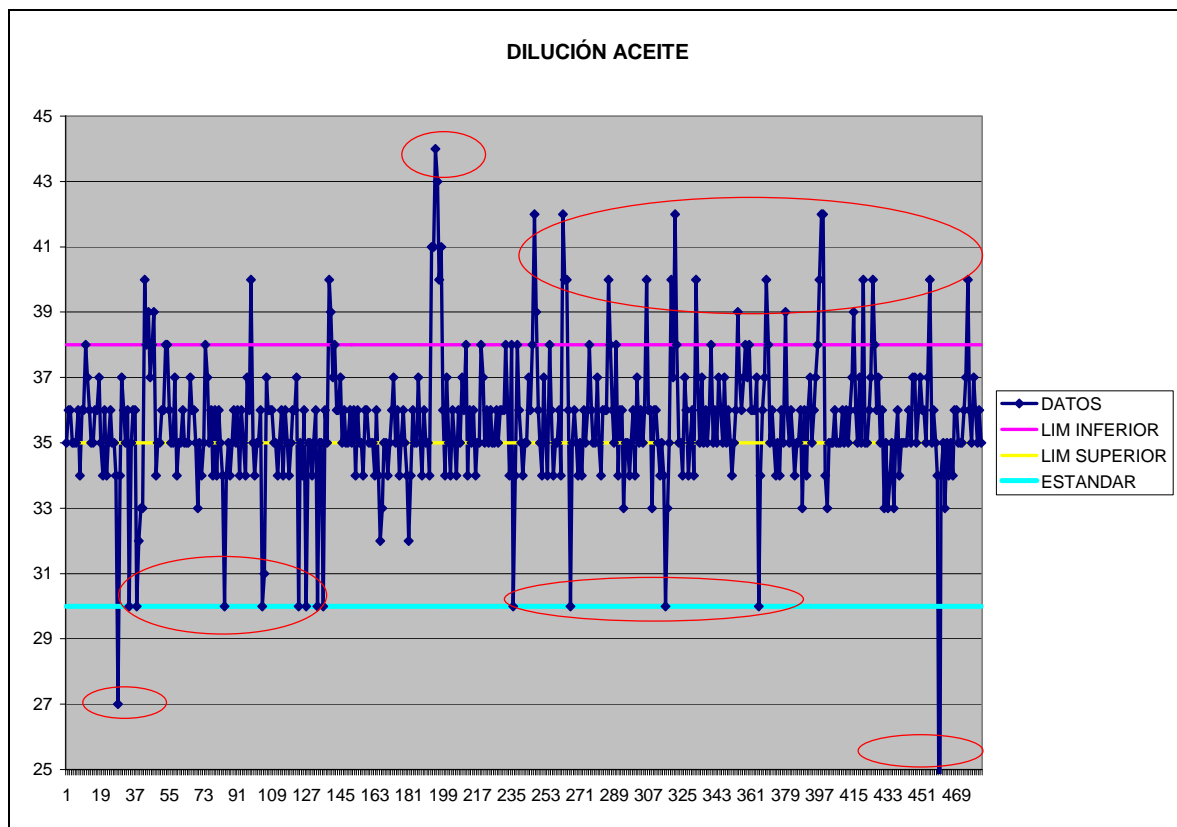
FECHA	ACEITE	FECHA	ACEITE	FECHA	ACEITE
03/01/2005	35		34		37
	36		37		35
	35		35		34
	36		34		38
	34		36		36
	36		35		34
	35	08/01/2005	34		35
04/01/2005	35		36		35
	34		35		36
	36		37		34
	36		36		42
	35		38		40
	35		34	14/01/2005	40
	35		36		36
	34		35		30
	36		36		35
	34		34		36
05/01/2004	32		35		35
	33	09/01/2005	35		34
	35		38		35
	35		37		34
	34		35		36
	35		36		35
	36		35		36
	37		36		38
	35		35	15/01/2005	36
	36	11/01/2005	35		35
	34		36		35
06/01/2005	35		35		37
	36		36		35
	35		36		34
	34		36		36
	32		38		36
	34		36		36

	36	12/01/2005	34		40
	35		38		38
	35		30		36
	37		34		35
	35		38		38
	34		36		34
	36		35		36
	35		34	16/01/2005	36
	35		35		33
07/01/2005	34		35		35
	41		37		35
	41		36		34
	44		38		35
	43		42		36
	40		39		34
	41	13/01/2005	36		37
	36		35		35
			34		36
17/01/2005	35		38		35
	36		37		36
	40		38		37
	36		36		39
	36		36	26/01/2005	36
	33		36		35
	36		37		37
	36	22/01/2005	30		35
	35		34		40
	34		36		35
	35		37		35
	34		40		36
18/01/2005	30		38		37
	33		35		40
	35		36		38
	40		35		36
	37		34		37

	42		35		35
	38		34	27/01/2005	36
	35		36		33
	35		35		35
	34	23/01/2005	39		33
	37		36		34
	36		35		35
	34		36		33
	35		35		35
	36		34		36
19/01/2005	34		35		34
	40		35		35
	37		36	28/01/2005	35
	35	24/01/2005	33		35
	37		36		35
	35		34		36
	36		36		35
	35		37		37
	36		35		37
	38		36		35
20/01/2005	35		37		36
	36		38		37
	35		40		36
	37		42	29/01/2005	36
	36		42		35
	35	25/01/2005	34		37
	37		33		40
	35		35		35
	36		35		36
	35		35		35
	34		36		34
21/01/2005	35		35		20
	36		35		34
	39		35		35
	37		36		33

FECHA	ACEITE	FECHA	ACEITE	FECHA	ACEITE
	37				
	35				
	34				
30/01/2005	36				
	36				
	35				
	35				
31/01/2005	35				
	36				
	37				
	40				
	36				
	35				
	37				
	36				
	35				
	36				
	35				

# GRÁFICO DE CONTROL DILUCIÓN (ACEITE) DICIEMBRE 2004 ENERO 2005



### DILUCIÓN (AGUA)

FECHA	AGUA	FECHA	AGUA	FECHA	AGUA
01/12/2004	28	16/12/2004	30		30
	30		30		30
	31		31		28
	31		30		30
	32		30		28
	32		30		30
	31		30		29
02/12/2004	32		31		32
	30		32		30
	30	17/12/2004	30	29/12/2004	32
	30		28		30
	31		30		40
	32		30		30
	32		30		30
04/12/2004	32		32		29
	31		30		35
	30		33		35
	29		32		33
07/12/2004	28		30		35
	25		31		31
	28	20/12/2004	30		30
	30		30	30/12/2004	35
	30		30		30
06/12/2004	30		30		30
	30		30		35
	30	21/12/2004	32		30
	30		30		30
09/12/2004	40		36		28
	30		23		30
	28		28		31
	28		28		32

10/12/2004	32		28		31
	32	22/12/2004	32	31/12/2004	32
	30		30		27
	30		31		30
	28		30		32
11/12/2004	30		28		30
14/12/2004	43		28		
	33		28		
	33	23/12/2004	33		
	30		30		
	20		25		
	28		20		
	30		28		
	31		29		
	30		29		
	31	24/12/2004	30		
15/12/2004	30		29		
	25	27/12/2004	40		
	30		33		
	32		28		
	33		30		
	32		29		
	30	28/12/2004	32		
	30		31		
			30		

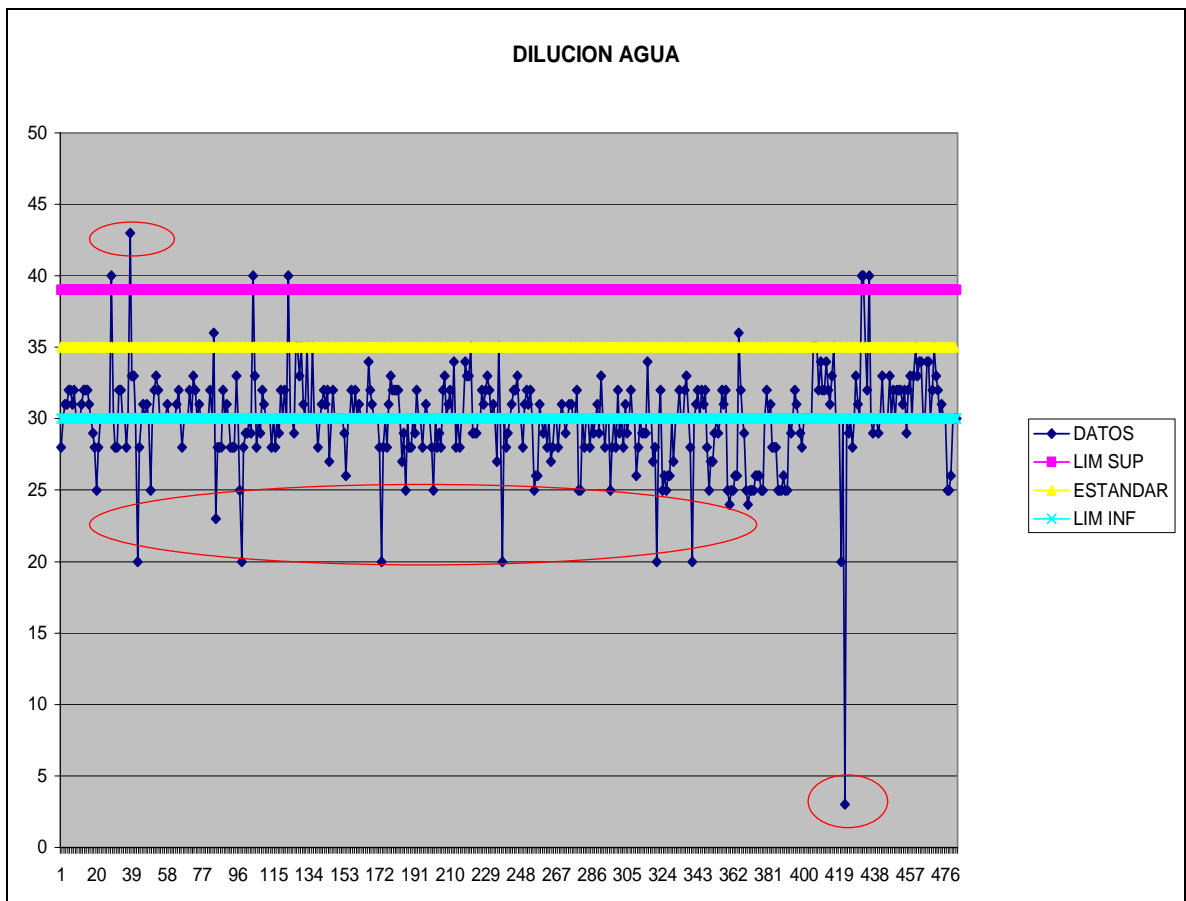
FECHA	AGUA	FECHA	AGUA	FECHA	AGUA
03/01/2005	30		30		26
	30		28		26
	30		29		31
	30		28		30
	29	08/01/2005	32		29
	26		33		30
	30		30		28
04/01/2005	30		31		30
	32		32	14/01/2005	27
	30		30		28
	32		34		30
	30		28		30
	31		30		28
	30		28		30
	30		30		31
	30		30		30
	30	09/01/2005	34		29
05/01/2004	34		33		30
	32		33		31
	31		35		31
	30		29		30
	30		29	15/01/2005	30
	30		29		32
	28		30		25
	20	11/01/2005	30		25
	28		32		30
	30		31		28
	28		32		30
06/01/2005	31		33		30
	33		32		28
	32		30		30
	32		31		29
	32	12/01/2005	30		30
	32		27		31

	30		35		29
	27		30		33
	29		20		30
	25		30	16/01/2005	28
	30		28		30
	28		29		30
	28		30		25
	30		31		28
	29		32		30
07/01/2005	32		32		28
	30		33		32
	30		30		29
	28		30		30
	30	13/01/2005	28		28
	31		31	17/01/2005	31
	30		32		29
	30		31		30
	28		32		32
	25		30		30
			25		30
	26	22/01/2005	36		20
	28		32		30
	30		30		3
	29		29		30
	29		25		29
	29		24		30
18/01/2005	34		25		28
	30		25		30
	30		25		33
	27		26		31
	28		26	27/01/2005	30
	20		26		40
	30		25		40
	32		25		35
	25	23/01/2005	30		32

	26		32		40
	25		30		30
	26		31		29
	26		28		30
	30		28		30
	27		28		29
19/01/2005	30		25	28/01/2005	30
	30		25		33
	32	24/01/2005	25		30
	30		26		30
	30		25		30
	32		25		33
	33		30		30
	30		29		32
	28		30		30
	20		32		32
20/01/2005	30		31		32
	31		30	29/01/2005	32
	32		29		31
	30		28		32
	32	25/01/2005	30		29
	31		30		32
	32		30		33
	28		30		30
	25		30		33
	27		35		35
	27		35		33
21/01/2005	29		35		34
	30		32		34
	29		34		30
	30		32		30
	32		32		34
	31		34		34
	32		32	30/01/2005	30
	25		31		32

	24		33		35
	25	26/01/2005	35		33
	25		30	31/01/2005	32
	26		30		30
	26		30		31
	30				
	30				
	25				
	25				
	26				
	30				
	30				
	30				

# GRÁFICO DE CONTROL DILUCIÓN (AGUA) DICIEMBRE 2004 ENERO 2005



## TEMPERATURA CLARIFICADOR

FECHA	T° CLARI	FECHA	T° CLARI	FECHA	T° CLARI
01/12/2004	80	16/12/2004	75	28/12/2004	80
	82		80		80
	83		75		80
	85		75		80
	88		75		80
	89		80		80
	88		79		80
02/12/2004	84		80		80
	86		78		80
	85	17/12/2004	75		80
	89		75		80
	88		75		80
	88		75	29/12/2004	86
	88		75		88
04/12/2004	82		75		86
	85		76		83
	87		76		83
	88		75		80
07/12/2004	85		78		80
	86		80		80
	85	20/12/2004	75		80
	86		75	30/12/2004	75
	86		70		75
06/12/2004	86		70		75
09/12/2004	80	21/12/2004	80		75
	81		85		75
	80		90		78
	81		87		77
10/12/2004	88		87		80
	88		87		80
	88		87		80

	86	22/12/2004	87	31/12/2004	80
	85		85		80
11/12/2004	80		87		80
14/12/2004	75		87		80
	70		80		82
	75		80		
	78	23/12/2004	80		
	78		80		
	80		80		
	80		80		
	81		80		
	80		80		
15/12/2004	80		80		
	75	24/12/2004	80		
	76		80		
	79	27/12/2004	80		
	77		80		
	80		80		
	80		82		
	78		80		

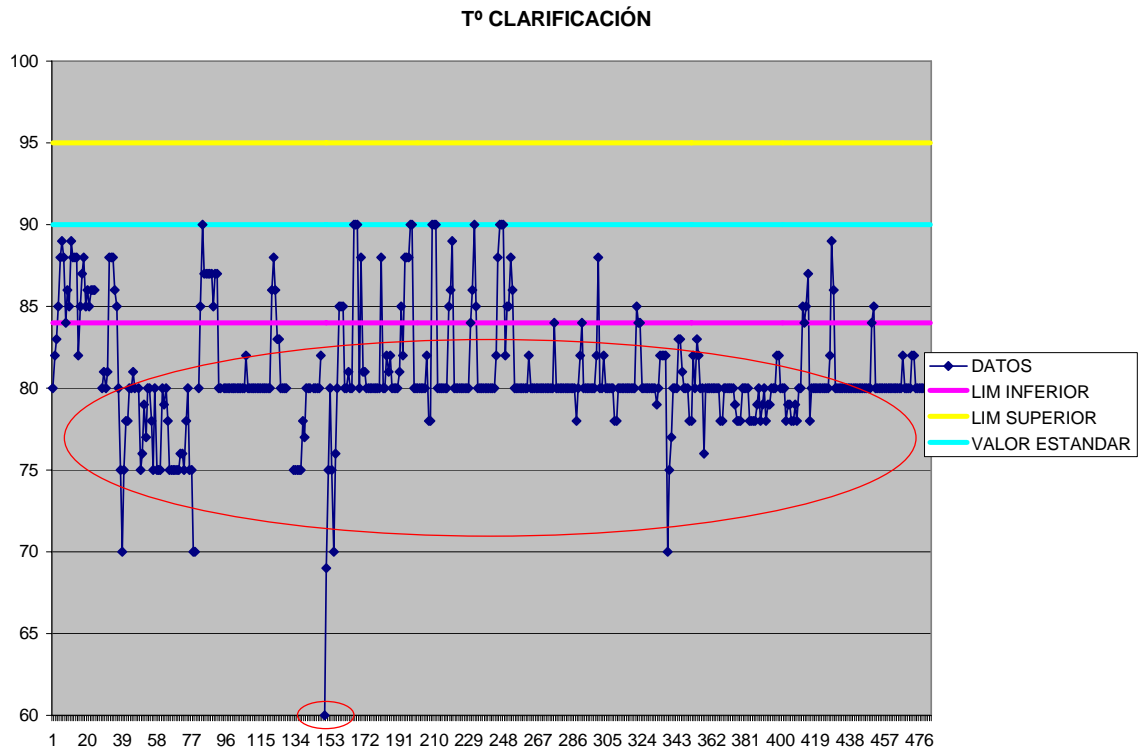
FECHA	Tº CLARI	FECHA	Tº CLARI	FECHA	Tº CLARI
03/01/2005	60		80	13/01/2005	82
	69		80		85
	75		80		85
	80		80		88
	75		80		86
	70	08/01/2005	82		80
04/01/2005	76		78		80
	80		78		80
	85		90		80
	85		90		80
	85		90		80
	80		80		80
	80		80		80
	81		80		82
	80		80		80
	80		80	14/01/2005	80
05/01/2004	90		80		80
	90	09/01/2005	85		80
	90		86		80
	80		89		80
	88		80		80
	81		80		80
	81		80		80
	80		80		80
	80		80		80
	80	11/01/2005	80		80
	80		80		80
06/01/2005	80		80		84
	80		80	15/01/2005	80
	80		84		80
	80		86		80
	88		90		80
	92		85		80
	90	12/01/2005	80		80

	82		80		80
	81		80		80
	82		80		80
	80		80		80
	80		80		80
	80		80		78
	80		80		80
	81		80		82
07/01/2005	85		80		84
	82		82		80
	88		88	16/01/2005	80
	88		90		80
	88		90		80
	90		92		80
	90				80
	80				80
	80				82
					88
	80	21/01/2005	82	25/01/2005	80
	80		80		80
	82		83		80
17/01/2005	80		82		78
	80		80		79
	80		80		79
	80		76		78
	80		80		78
	78		80		79
	78		80		78
	80		80		80
	80		80		80
	80		80		85
	80	22/01/2005	80		84
	80		80		85
18/01/2005	80		78		87

	80		78	26/01/2005	78
	80		80		80
	80		80		80
	80		80		80
	85		80		80
	84		80		80
	84		80		80
	80		79		80
	80		78		80
	80		78		80
	80		78		80
	80	23/01/2005	80		82
	80		80		89
	80		80		86
19/01/2005	80		80	27/01/2005	80
	79		78		80
	80		78		80
	82		78		80
	82		78		80
	82		79		80
	82	24/01/2005	80		80
	70		78		80
	75		79		80
	77		80		80
20/01/2005	80		78		80
	80		79	28/01/2005	80
	80		79		80
	83		80		80
	83		80		80
	81		80		80
	80		82		80
	80		82		80
	80				80
	78				80
	78				84

FECHA	T° CLARI	FECHA	T° CLARI	FECHA	T° CLARI
29/01/2005	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	82				
30/01/2005	80				
	80				
	80				
	80				
31/01/2005	82				
	82				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				
	80				

# GRÁFICO DE CONTROL T° CLARIFICADOR DICIEMBRE 2004 ENERO 2005



## ANEXO F

### PRUEBA VERIFICACIÓN NORMALIDAD PARA CALCULAR INDICES DE CAPACIDAD

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

	PRESIÓN	CONDENSADO	DIGESTIVO	ACEITE	AGUA	CLARIFICADO	ACIDEZ	HUMEDAD
N	231	231	232	482	482	471	456	444
Normal Parameters								
Mean	88,636	126,684	94,306	35,576	29,927	80,758	2,437	,1558
Std. Deviation	3,6886	7,7834	3,1645	2,1002	3,1040	3,5814	,38913	,03811
Most Extreme Differences								
Absolute	,363	,212	,289	,211	,211	,318	,059	,061
Positive	,291	,143	,275	,211	,157	,318	,059	,049
Negative	-,363	-,212	-,289	-,188	-,211	-,248	-,032	-,061
Kolmogorov-Smirnov Z	5,514	3,224	4,408	4,624	4,623	6,910	1,261	1,285
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,083	,073

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

## **ANEXO G**

### **DISEÑO EXPERIMENTOS DILUCIÓN**

#### **MARCO TEÓRICO**

Las técnicas estadísticas del diseño experimental tienen su razón de ser en la investigación empírica que trata de indagar cómo ciertas variables, conocidas como factores, actúan sobre una variable respuesta registrada tras la realización del experimento.

Los modelos de “Diseño de experimentos” son modelos estadísticos clásicos que además de averiguar si unos determinados factores influyen en la variable de interés, permite cuantificar la influencia de algún factor.

Es importante hacer destacar que los factores que influyen sobre el valor de la variable respuesta sólo pueden tomar un número finito de estados o niveles.

La metodología del diseño de experimentos se basa en la experimentación. Es conocido que si se repite un experimento, en condiciones indistinguibles, los resultados presentan variabilidad que puede ser grande o pequeña. Si la experimentación se realiza en un laboratorio donde la mayoría de las causas de variabilidad están muy controladas, el error experimental será pequeño y habrá poca variación en los resultados del experimento. Pero si se experimenta en procesos industriales, la variabilidad es grande en la mayoría de los casos.

El objetivo del diseño de experimentos es estudiar si utilizar un determinado tratamiento produce una mejora en el proceso o no. La metodología del Diseño de Experimentos estudia cómo variar las condiciones habituales de realización de un proceso empírico para aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos

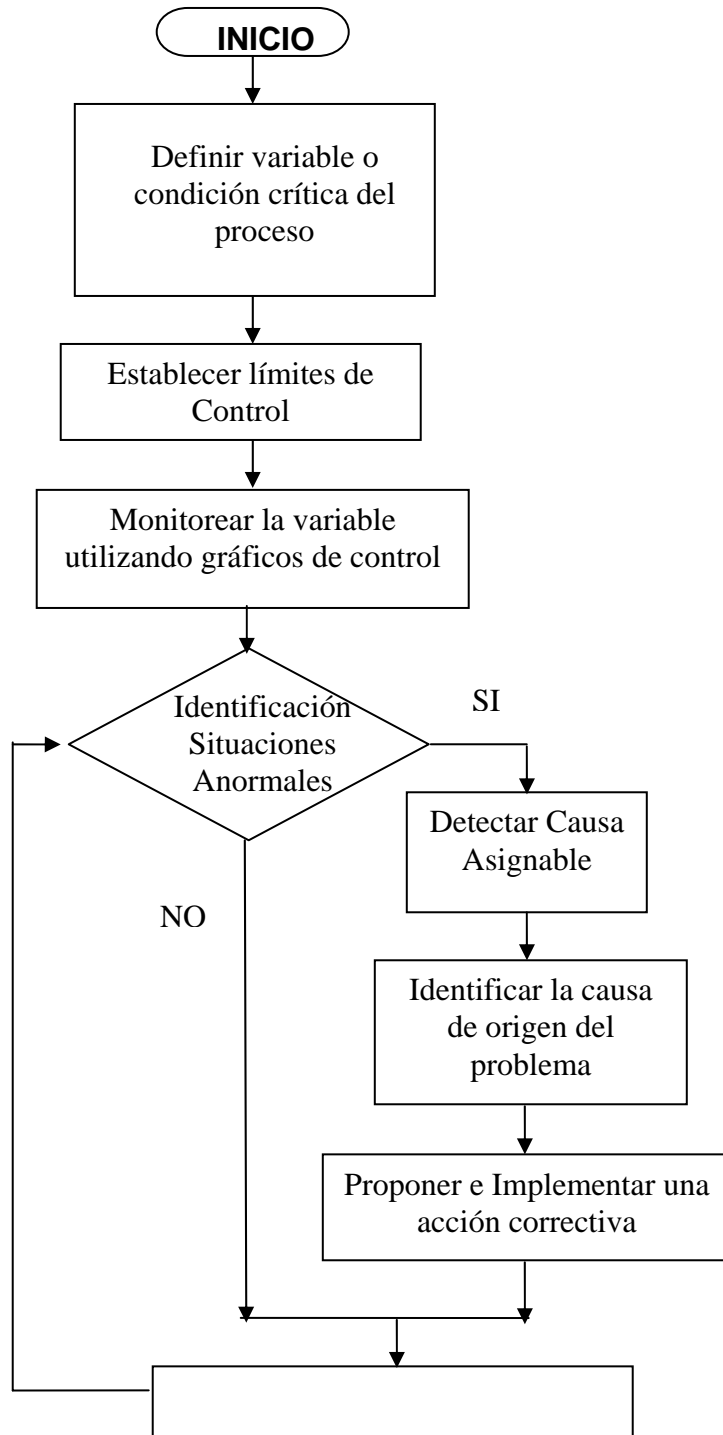
en la respuesta, de esta forma se obtiene un mayor conocimiento del comportamiento del proceso de interés.

Un experimento se realiza por alguno de los siguientes motivos:

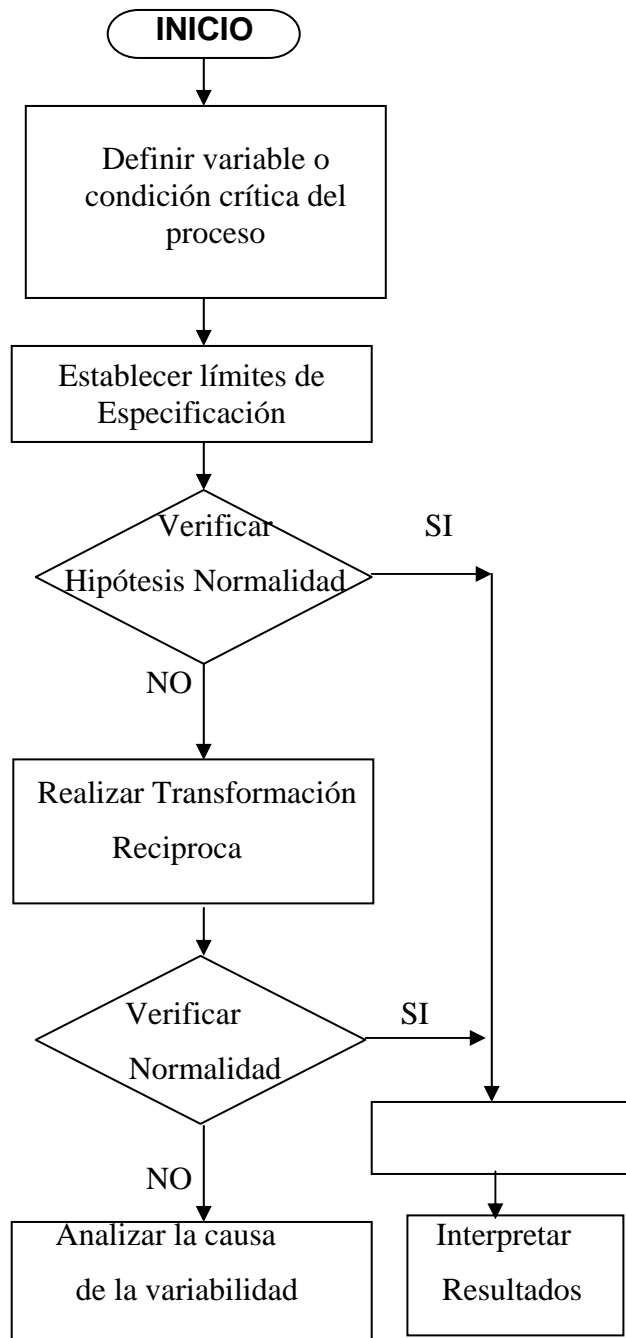
- \* Determinar las principales causas de variación en la respuesta.
  
- \* Encontrar las condiciones experimentales con las que se consigue un valor extremo en la variable de interés o respuesta.
  
- \* Comparar las respuestas en diferentes niveles de observación de variables controladas.
  
- \* Obtener un modelo estadístico-matemático que permita hacer predicciones de respuestas futuras.

La utilización de los modelos de diseño de experimentos se basa en la experimentación y en el análisis de los resultados que se obtienen en un experimento bien planificado. En muy pocas ocasiones es posible utilizar estos métodos a partir de datos disponibles o datos históricos, aunque también se puede aprender de

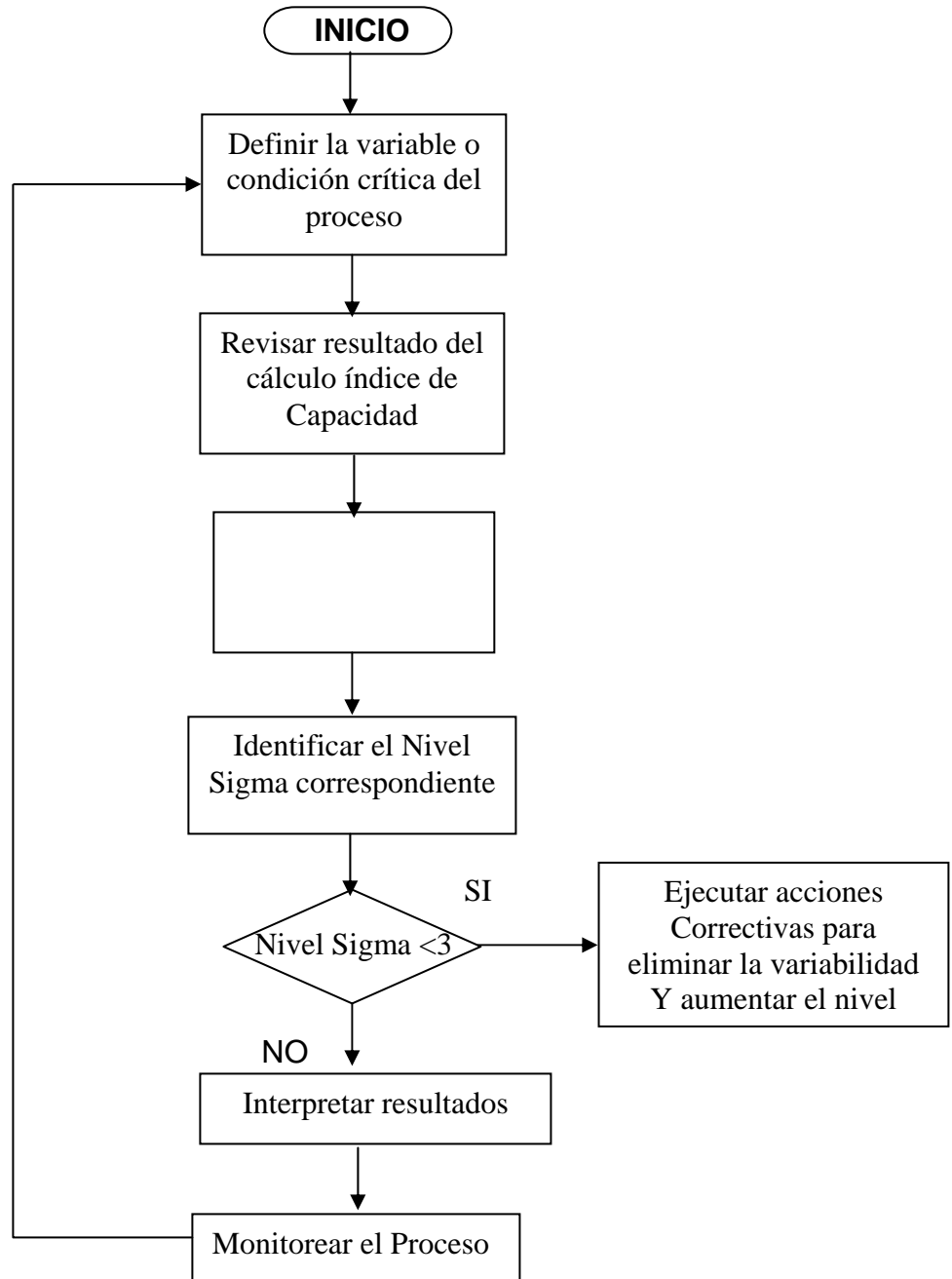
**ANEXO H**  
**DIAGRAMA ACTIVIDADES CEP**



## DIAGRAMA ACTIVIDADES INDICE DE CAPACIDAD



## DIAGRAMA ACTIVIDADES CALCULO NIVEL SIGMA



**ANEXO I**  
**DIPOSITIVAS PLAN DE CAPACITACIÓN**  
**Ver Archivo Adjunto (DIAPOSITIVAS)**



**ANEXO J**  
**MATERIAL CAPACITACIÓN (CARTILLA)**  
**Ver Archivo Adjunto (CUADROS)**

**ANEXO K**  
**PLAN DE CAPACITACIÓN**

**FUNDAMENTOS PARA EL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS**  
**GRAFICOS DE CONTROL**

**DURACIÓN:** 4 días Una hora y media diaria

**OBJETIVOS:**

- ❖ Conocer los métodos estadísticos para el control de procesos industriales
- ❖ Construir e interpretar los gráficos de control de procesos
- ❖ Relacionar los resultados de aplicación del CEP con la capacidad de proceso.

**DIRIGIDO A:**

Jefe de Planta

Jefes de Turno

Laboratoristas

Operarios

**CONTENIDO**

**1. Introducción**

**2. Conceptos estadísticos**

2.1 Estadística

2.2 Media Mediana

2.3 Varianza

2.4 Variabilidad

2.5 Índices de Capacidad

2.6 Seis Seis

### **3. Herramientas Estadísticas**

3.1 Hoja de verificación

3.2 Histograma

3.3 Diagrama de Pareto

3.4 Diagrama Causa Efecto

3.5 Diagrama de Dispersión

3.6 Estratificación

3.7 Gráficos de Control

### **4. Gráficos de Control**

4.1 Tipos de Grafico de Control

4.2 Gráficos de Control Por Variables

4.3 Interpretación de Gráficos de Control

### **5. Capacidad del Proceso**

5.1 Cálculo de los valores de Capacidad

5.2 Evaluación de la capacidad del proceso

5.3 Determinación Nivel Sigma

**ANEXO L**  
**PORTAFOLIO REGISTROS**  
**Ver Archivo Adjunto (REGISTROS)**