



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

## **IMPLEMENTACIÓN DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN LA REFINERÍA DE AZÚCAR DE PANTALEÓN S. A.**

**Byron Estuardo Roldán Flores**

Asesorado por el Ing. Carlos Roberto Morales Cuellar

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS  
EQUIPOS EN LA REFINERÍA DE AZÚCAR DE PANTALEÓN S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**BYRON ESTUARDO ROLDÁN FLORES**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ROBERTO MORALES CUELLAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **IMPLEMENTACIÓN DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN LA REFINERÍA DE AZÚCAR DE PANTALEÓN S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 26 de noviembre de 2013.



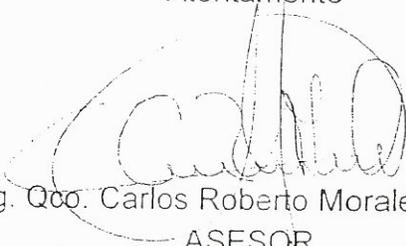
**Byron Estuardo Roldán Flores**

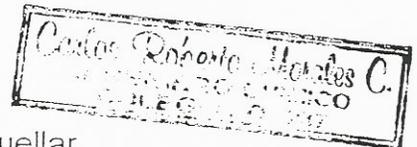
Guatemala 20 de abril de 2014

Ingeniero  
Victor Manuel Monzón Valdez  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Universidad De San Carlos De Guatemala

Por este medio hago constar que he revisado y aprobado el contenido del informe final de EPS del estudiante Byron Estuardo Roldán Flores, que se identifica con carné 200915280, el cual se titula: **"IMPLEMENTACIÓN DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN LA REFINERÍA DE AZÚCAR DE PANTALEON S. A."**. En base a lo anterior, lo someto a su consideración a efecto de continuar con el trámite respectivo para continuar con su aprobación.

Atentamente

  
Ing. Qco. Carlos Roberto Morales Cuellar  
ASESOR  
Colegiado 1237



Guatemala, 16 de octubre de 2014  
Ref. EIQ.TG-IF.050.2014

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **144-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN  
-Modalidad Ejercicio Profesional Supervisado-**

Solicitado por el estudiante universitario: **Byron Estuardo Roldán Flores**.  
Identificado con número de carné: **2009-15280**.  
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**IMPLEMENTACIÓN DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN LA REFINERÍA DE  
AZÚCAR DE PANTALEON S. A.**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Carlos Roberto Morales Cuellar**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Otto Raúl De León De Paz  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Guatemala, 30 de septiembre de 2014.  
Ref.EPS.D.558.09.14.

Ing. Victor Manuel Monzón Valdéz  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Monzón Valdéz.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS DE LA REFINERÍA DE AZÚCAR DE PANTALEÓN, S.A."** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Byron Estuardo Roldán Flores**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Ingeniera **Lorena Victoria Pineda Cabrera**.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

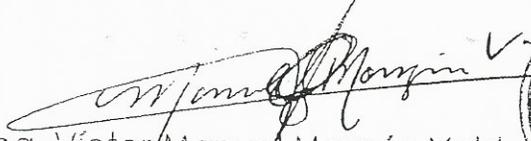
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra

Ref.EIQ.TG.257.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS final) del estudiante **BYRON ESTUARDO ROLDÁN FLORES** titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN LA REFINERÍA DE AZÚCAR DE PANTALEÓN S. A."**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

  
Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, noviembre de 2014

Cc: Archivo  
VAM:MSK

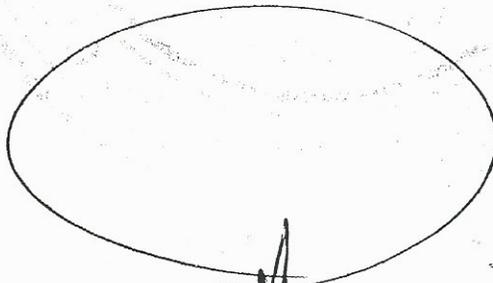




DTG. 652.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS EN LA REFINERÍA DE AZÚCAR PANTALÉON S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Byron Estuardo Roldán Flores**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 17 de noviembre de 2014

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por guiarme, guardarme y darme la oportunidad de culminar con éxito una de las más importantes metas de mi vida.
<b>Mi madre</b>	Ingrid Flores, por ser mi pilar y ejemplo de superación, por confiar en mí desde el primer día y darme su amor incondicional.
<b>Mis abuelos</b>	Carlos Flores y Elsa de Flores, por su apoyo incondicional y siempre estar presentes en cada etapa de mi vida.
<b>Mi hermana</b>	Diana Roldán como muestra de que querer es poder.
<b>Mis tíos</b>	Luis Lima y Yojana Flores por su apoyo y palabras de aliento.
<b>Mi familia</b>	Porque de una u otra manera me animaron a seguir adelante en los momentos difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de estudiar una Carrera Universitaria y contribuir al desarrollo del país.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme las bases científicas para enfrentar la vida laboral.
<b>Mi padre</b>	Bayron Roldán, por darme la vida y su apoyo durante estos años.
<b>Keidel Orellana</b>	Por su amistad incondicional.
<b>Mis amigos</b>	Por todos los momentos buenos y malos que compartimos y siempre estar ahí cuando más los necesité.
<b>Ing. Carlos Morales</b>	Por el tiempo que dedicó a asesorarme en éste trabajo.
<b>Ingenio Pantaleón</b>	Por abrirme las puertas de sus instalaciones, el apoyo que desde el primer día me brindaron y por todas las enseñanzas que recibí de cada una de las personas con quién tuve el placer de trabajar.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS/Hipótesis.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Definición de efectividad global de los equipos .....	3
2.2. Clasificación OEE .....	3
2.3. Causas de pérdidas de eficiencia .....	4
2.4. Cálculo del OEE .....	8
2.4.1. Disponibilidad .....	8
2.4.2. Desempeño .....	9
2.4.3. Calidad .....	9
2.5. Proceso de producción de azúcar .....	11
2.5.1. Proceso de producción de azúcar refino .....	11
2.5.1.1. Estación de derretido.....	12
2.5.1.2. Estación de clarificación de licor.....	12
2.5.1.3. Estación de filtración.....	13
2.5.1.4. Estación de cristalización .....	13
2.5.1.5. Estación de centrifugación.....	14

2.5.1.6.	Estación de transporte y acondicionamiento de azúcar .....	14
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
3.1.	Variables .....	15
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	15
3.3.	Recursos humanos disponibles .....	16
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	16
3.4.1.	Materia prima .....	16
3.4.2.	Reactivos e insumos .....	17
3.4.3.	Cristalería y equipo .....	17
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	18
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información .....	19
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	20
3.8.	Análisis estadístico.....	46
3.8.1.	Media aritmética .....	46
3.8.2.	Desviación estándar .....	46
4.	RESULTADOS.....	51
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	59
6.	LOGROS OBTENIDOS.....	63
	CONCLUSIONES.....	65
	RECOMENDACIONES .....	67
	BIBLIOGRAFÍA.....	69
	APÉNDICES.....	71

ANEXOS..... 75



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Efectividad global de los equipos zafra 2009-2010 .....	1
2.	Diagrama de flujo del proceso de producción de azúcar.....	10
3.	Distribución OEE estación de derretido.....	47
4.	Distribución OEE estación de filtración .....	47
5.	Distribución OEE estación de cristalización .....	48
6.	Distribución OEE estación de centrifugación .....	48
7.	Distribución OEE estación de transporte y acondicionamiento .....	49
8.	Distribución OEE estación de envasado .....	49
9.	Distribución OEE refinería.....	50
10.	Resumen estación de derretido .....	52
11.	Estación de derretido .....	52
12.	Resumen estación de filtración .....	53
13.	Estación de filtración .....	53
14.	Resumen estación de cristalización .....	54
15.	Estación de cristalización .....	54
16.	Resumen estación de centrifugación .....	55
17.	Estación de centrifugación .....	55
18.	Resumen estación de transporte y acondicionamiento .....	56
19.	Estación de transporte y acondicionamiento.....	56
20.	Resumen estación de envasado .....	57
21.	Estación de envasado .....	57
22.	OEE diario refinería de azúcar .....	58

## TABLAS

I.	Clasificación OEE .....	4
II.	Metas de cada factor de OEE .....	8
III.	Variables involucradas en el proceso .....	15
IV.	Datos estación de derretido día 10 al 40 .....	20
V.	Datos estación de derretido día 41 al 70 .....	21
VI.	Datos estación de filtración día 10 a 40 .....	22
VII.	Datos estación de filtración día 41 al 70 .....	23
VIII.	Datos estación de cristalización día 10 al 70 .....	24
IX.	Datos estación de cristalización día 41 al 70 .....	25
X.	Datos estación de centrifugación día 10 al 40 .....	26
XI.	Datos estación de centrifugación día 41 al 70 .....	27
XII.	Datos transporte y acondicionamiento día 10 al 40 .....	28
XIII.	Datos transporte y acondicionamiento día 41 al 70 .....	29
XIV.	Datos estación de envasado día 10 al 40 .....	30
XV.	Datos estación de envasado día 41 al 70 .....	31
XVI.	OEE estación de derretido día de zafra 10 al 40 .....	32
XVII.	OEE estación de derretido día de zafra 41 al 70 .....	33
XVIII.	OEE estación de filtración día de zafra 10 al 40 .....	34
XIX.	OEE estación de filtración día de zafra 41 al 70 .....	35
XX.	OEE estación de cristalización día de zafra 10 al 40 .....	36
XXI.	OEE estación de cristalización día de zafra 41 al 70 .....	37
XXII.	OEE estación de centrifugación día de zafra 10 al 40 .....	38
XXIII.	OEE estación de centrifugación día de zafra 41 al 70 .....	39
XXIV.	OEE estación de transporte y acondicionamiento día de zafra 10 al 40.....	40
XXV.	OEE estación de transporte y acondicionamiento día de zafra 41 al 70.....	41

XXVI.	OEE estación de envasado día de zafra 10 al 40 .....	42
XXVII.	OEE estación de envasado día de zafra 41 al 70 .....	43
XXVIII.	OEE refinería de azúcar día de zafra 10 al 40 .....	44
XXIX.	OEE refinería de azúcar día de zafra 41 al 70 .....	45
XXX.	OEE refinería por estación .....	51



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\sigma$	Desviación estándar
<b>gpm</b>	Galones por minuto
<b>°Bx</b>	Grados brix
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>h</b>	Hora
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
$\bar{x}$	Media aritmética
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>min</b>	Minuto
<b>ft<sup>2</sup></b>	Pie cuadrado
<b>ft<sup>3</sup></b>	Pie cúbico
<b>%</b>	Porcentaje
<b>% p/p</b>	Porcentaje en peso
<b>qq</b>	Quintal
<b>U I</b>	Unidades Icumsa



## GLOSARIO

<b>Cangilón</b>	Recipiente que se utiliza en los elevadores para recolectar el azúcar.
<b>Centrífuga</b>	Equipo utilizado para separar el azúcar de las mieles contenidas en la masa cocida.
<b>Efectividad</b>	Medida del cumplimiento de los objetivos planeados.
<b>Floculante</b>	Sustancia química que aglutina sólidos en suspensión.
<b>Jarabe</b>	Solución de sacarosa resultante del lavado de la masa cocida en las centrífugas.
<b>Licor derretido</b>	Mezcla homogénea de azúcar blanco húmedo en agua.
<b>Licor filtrado</b>	Solución de azúcar blanco húmedo saliendo de la estación de filtración.
<b>Magma</b>	Azúcar húmeda a la cual se le aplica agua a la salida de las centrífugas para poder transportarla.
<b>Masa cocida</b>	Mezcla de cristales de azúcar y mieles.

<b>°Brix</b>	Forma de expresar la concentración de sólidos disueltos en un líquido.
<b>OEE</b>	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Efectividad global de los equipos).
<b>Precapa</b>	Tierra de infusorios que funciona como filtro ayuda, esta se bombea hacia las placas de los filtros para que formen una capa previa para prevenir incrustaciones en las placas metálicas.
<b>Semilla</b>	Solución de azúcar molido con alcohol isopropílico.
<b>Tacho</b>	Evaporador de simple efecto.
<b>Tanque pulmón</b>	Tanque de almacenamiento utilizado para alimentar una parte posterior del proceso.
<b>Turbidez</b>	Medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión.
<b>Vapor vegetal</b>	Vapor que se colecta en la parte superior de un evaporador en un sistema de evaporación de multiple efecto y se transporta hacia la calandria del siguiente evaporador como fuente energética.
<b>Zaranda</b>	Filtro colador móvil.

## RESUMEN

Se realizó la medición e implementación de la efectividad global de los equipos en las estaciones de la refinería de azúcar de Pantaleón S. A., mediante el monitoreo diario de la disponibilidad, desempeño y calidad.

Se obtuvo una efectividad global promedio de 64,43 por ciento durante el período de evaluación, de acuerdo a la clasificación de *Vorne Industries* se tienen importantes pérdidas económica y baja competitividad.

Mediante el monitoreo diario fue posible identificar las causas de disminución de efectividad en cada estación por lo que se realizaron acciones preventivas y correctivas para disminuir su efecto.

Se identificó que el cuello de botella del proceso es la estación de cristalización, pues es la estación con menor disponibilidad, lo que hace que el proceso tenga que reducir su velocidad de producción y como consecuencia adicional se trabaje con un bajo desempeño en las estaciones de centrifugación, transporte y almacenamiento y envasado.

Se recomienda ampliar la calandria del tacho 4 para igualar la relación de área de transferencia de calor por volumen a la del tacho 3 para aumentar la disponibilidad en la estación de cristalización.

Se tiene bajo cumplimiento de calidad en la estación de derretido por lo que es conveniente instalar un sistema automatizado para el control de brix del licor derretido.



# OBJETIVOS

## General

Implementar la efectividad global de los equipos en la refinería de azúcar de Pantaleón S. A.

## Específicos

1. Medir la efectividad global de las estaciones que conforman la refinería de azúcar.
2. Identificar los cuellos de botella y las oportunidades de mejora en el proceso de refinación de azúcar.
3. Proponer mejoras en los equipos derivadas de los resultados de la efectividad global para el uso de recursos en el mantenimiento y operaciones del proceso.

## **Hipótesis**

Es posible medir la efectividad global de los equipos mediante el monitoreo diario de la disponibilidad, desempeño y calidad.

### **Hipótesis nula:**

Es posible identificar los cuellos de botella y puntos de mejora en el proceso mediante la medición de la efectividad global de los equipos.

### **Hipótesis alternativa:**

No es posible identificar los cuellos de botella y puntos de mejora en el proceso mediante la medición de la efectividad global de los equipos.

## INTRODUCCIÓN

La efectividad global de los equipos es una medida que representa el porcentaje de tiempo en el que un equipo está produciendo producto de calidad basado en tres factores primordiales: la disponibilidad, desempeño y calidad.

El azúcar refinado es el producto que genera mayor retorno económico a la Corporación por lo cual es necesario que cada una de las estaciones que conforman la refinería de azúcar trabajen con una alta efectividad global para reducir el tiempo perdido, aumentar la producción y mejorar la calidad del producto final.

Con el monitoreo diario de la disponibilidad, desempeño y calidad se determinó donde se encuentra el cuello de botella del proceso, y que oportunidades de mejora se pueden llevar a cabo.

En base a los resultados obtenidos fue posible realizar algunas recomendaciones para disminuir el efecto de los factores que contribuyeron a una baja efectividad global en las diferentes estaciones.



## 1. ANTECEDENTES

En el 2010 se realizó un estudio de OEE en el proceso de refinación de azúcar en el área de recuperación de azúcar, el estudio fue realizado por la Ingeniera Química Emilia Yesenia Arana Vicente cuyo objetivo fue medir la eficiencia global del equipo (OEE), para medir la eficiencia con la que trabaja el equipo durante el período de zafra con una duración de 60 días. El estudio dio como resultado que los equipos que operan en el proceso de refinación trabajan en promedio a un 61,82 por ciento de eficiencia productiva, siendo el área de tratamiento de jarabe la que trabajó a mayor eficiencia (83,06 por ciento) y el área de tachos fue la que obtuvo la menor eficiencia productiva (45,93 por ciento).

Se muestra detalladamente los resultados que se obtuvieron en la siguiente imagen.

Figura 1. **Efectividad global de los equipos zafra 2009-2010**

	DERRETIDO	TRATAMIENTO	TACHOS	CENTRIFUGAS	ENVASADO
DISPONIBILIDAD	90.03%	99.22%	59.30%	89.97%	84.45%
DESEMPEÑO	75.84%	88.30%	80.12%	76.69%	76.20%
CALIDAD	76.38%	94.80%	96.67%	98.38%	93.33%
OEE	52.15%	83.06%	45.93%	67.88%	60.06%
		OEE GENERAL	61.82%		

Fuente: elaboración propia.

Con el monitoreo se logró realizar mejoras en el manejo de los equipos y reveló los puntos débiles del proceso, ahora es necesario darle seguimiento a los cambios hechos y realizar una nueva medición para continuar identificando puntos que necesiten una mejora.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Definición de efectividad global de los equipos**

La efectividad global de los equipos OEE por sus siglas en inglés (*Overall Equipment Effectiveness*), es una medida que representa el porcentaje del tiempo en que una máquina produce realmente las piezas de la calidad, comparadas con el tiempo que fue planeado para hacerlo.

Es una práctica de monitoreo y mejoramiento de la efectividad de los procesos de manufactura mediante el cual se logra medir como se encuentra el proceso y como se le puede mejorar basado en fuentes de pérdidas importantes de proceso.

El OEE también es usado como medición del TPM (*Total Productive Maintenance*) y programas de *Lean Manufacturing*.

### **2.2. Clasificación OEE**

El valor de la OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta con respecto a las mejores de su clase que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

En la tabla I se muestra la clasificación del OEE en función de los valores obtenidos en la medición.

Tabla I. **Clasificación OEE**

OEE (%)	Clasificación	Descripción
< 65	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
65<OEE<75	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad
75<OEE<85	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85<OEE<95	Bueno	Buena. Entra en valores <i>WorldClass</i> . Buena competitividad.
>95	Excelencia	Valores <i>WorldClass</i> . Excelente competitividad.

Fuente: VORNE INDUSTRIES. *The Fast Guide to OEE*. Itasca, IL USA, 2008.

### 2.3. **Causas de pérdidas de eficiencia**

La principal meta del programa de OEE es reducir o eliminar cada una de las pérdidas que pueda haber durante el proceso. Pueden dividirse las pérdidas en 6 categorías:

- Pérdidas de tiempo del mantenimiento
- Pérdidas de tiempo de la disponibilidad
- Pérdidas de tiempo ocioso
- Pérdidas de reducción de la velocidad
- Pérdidas de tiempo de la calidad
- Pérdidas de tiempo de misceláneas

Pérdidas de tiempo del mantenimiento.

El tiempo perdido al mantenimiento planeado o imprevisto se debe capturar bajo pérdida del tiempo del mantenimiento.

El mantenimiento previsto puede incluir actividades diarias de TPM, (tiempo planeado de mantenimiento), o las actividades periódicas del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento imprevisto puede incluir la interrupción o diagnóstico, resultando de síntomas anormales.

La espera constante durante mantenimiento, es indicativo de una pobre planeación, y debe ser capturado como pérdida ociosa del tiempo.

Pérdidas del tiempo de la disponibilidad.

Las pérdidas del tiempo de la disposición deben cubrir el tiempo total durante el cual la máquina o el equipo están en la disposición, y no produce.

- La disposición comienza cuando la parte buena de la jornada anterior es pasada y terminada, y termina cuando sale el primer producto de calidad de la producción de hoy.

Durante la disposición, si una máquina está esperando en varias ocasiones por algún insumo, es indicativa de la carencia del planeamiento, y esto no se puede identificar como pérdida de disposición.

La puesta en marcha o régimen de operación son faltas en la disposición y se consideran pérdidas.

## Pérdidas de tiempo ocioso

El tiempo ocioso debe incluir el tiempo durante el cual el equipo no está produciendo, y no está en la disposición, y la causa no es por mantenimiento.

Las causas típicas son:

- En espera de materia prima o partes
- Accesorios o herramientas
- Espera de la orden u otra información

La pérdida ociosa del tiempo debe capturar todas esas pérdidas que pueden ser eliminadas con una mejor planeación y ejecución.

La eliminación de estas pérdidas debe ser de prioridad más alta, desde mejorar la planeación, y no deben costar más.

## Pérdidas de reducción de velocidad

Las pérdidas de la velocidad explican dos tipos de pérdidas:

- Pérdida debido al índice reducido de la salida de producto de calidad, el tiempo se puede capturar por el operador, bajo códigos de pérdida.
  - Debido a los problemas de reducción del equipo, del proceso o de la calidad.
  - La pérdida por mal funcionamiento de instrumentos de medición o partes mecánicas. Así como, programación de producción.

- Parte del tiempo disponible que se puede considerar por habilidad del operador.

#### Pérdidas en la calidad.

Las pérdidas de la calidad deben capturar cualquier momento perdido sobre el cual esté trabajando la calidad (corridas y pruebas) y sobre las actividades relacionadas con la calidad rutinaria. Las que se pueden corregir con una mejor planeación.

- Tiempo pasado en producir producto de mala calidad. Calculado, multiplicando el número de rechazos y tiempo ciclo ideal.
- El tiempo adicional pasado asegurando la calidad aceptable, que no está por el plan de la producción.

#### Pérdidas de tiempo de misceláneas

Tiempo perdido en cualquier momento en los acontecimientos inusuales (planeados o imprevistos) debe ser capturado bajo pérdidas misceláneas del tiempo.

Las pérdidas misceláneas del tiempo se deben utilizar solamente para los acontecimientos verdaderamente inusuales que no son generalmente prevenibles, por la gerencia, en célula, del piso, o de la línea la producción.

## 2.4. Cálculo del OEE

El OEE puede definirse como la proporción del tiempo productivo total planeado y en base a ello puede ser calculado como el producto de los tres factores contribuyentes:

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

Este tipo de cálculo hace que el OEE sea un *test* severo. Generalmente las metas aceptadas para la *WorldClass* son diferentes unas de las otras, como se muestra en la tabla II.

Tabla II. Metas de cada factor de OEE

Factor OEE	<i>World Class</i>
Disponibilidad	90,0%
Desempeño	95,0%
Calidad	99,9%
OEE	85,0%

Fuente: VORNE INDUSTRIES. *The Fast Guide to OEE*. Itasca, IL USA, 2008. p. 10

Estudios alrededor del mundo muestran que el promedio de valores de efectividad global obtenido es del 60 por ciento.

### 2.4.1. Disponibilidad

La disponibilidad toma en cuenta las pérdidas de tiempo y se calcula dividiendo el tiempo que el equipo ha estado produciendo por el tiempo en el cual el equipo podría haber estado produciendo, las pérdidas pueden ser por paradas o por la fabricación de producto no conforme.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo planificado de operación}}$$

### **2.4.2. Desempeño**

El desempeño es otro factor de OEE y solamente toma en cuenta las pérdidas de velocidad por pequeñas paradas o por reducción de velocidad de producción. Se calcula como la razón entre producción total y el tiempo de operación a velocidad máxima ideal.

$$\text{Desempeño} = \frac{\frac{\text{producción total}}{\text{tiempo de operación}}}{\text{Velocidad máxima ideal}}$$

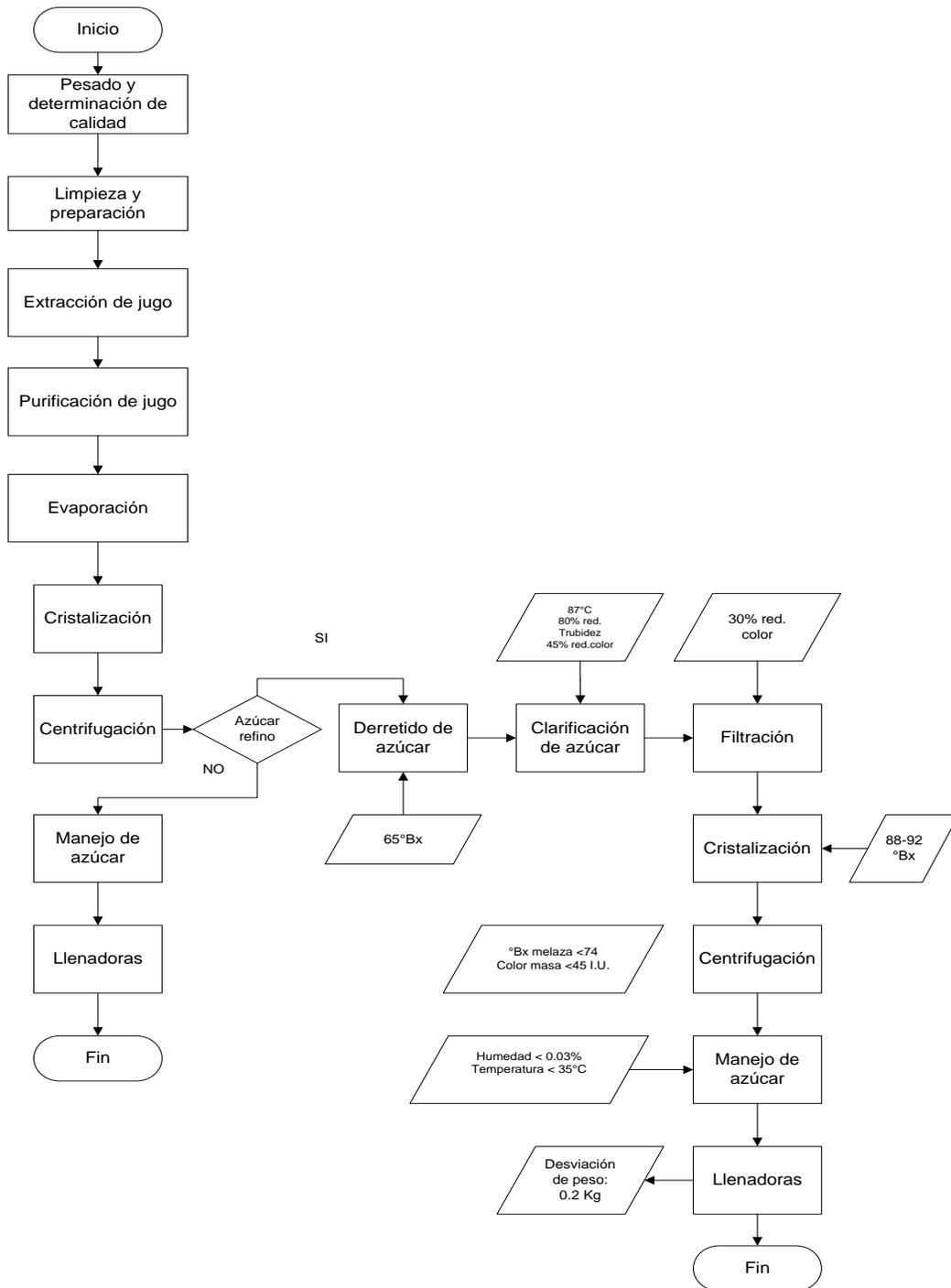
### **2.4.3. Calidad**

Toma en cuenta cada una de las pérdidas de calidad y relaciona la producción que es aceptada con la producción total obtenida. Esta se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción aceptada}}{\text{Producción total}}$$

Un incremento en la efectividad global de los equipos no es lo único que se busca al momento de la implementación, pues la versatilidad del OEE es que no es solo un número sino que se tienen tres números los cuales son útiles individualmente y que pueden mejorarse para lograr los requerimientos de la empresa.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de producción de azúcar



Fuente: elaboración propia.

## **2.5. Proceso de producción de azúcar**

El proceso industrial para la elaboración de azúcar a partir de caña, consta de diferentes operaciones necesarias para convertir el jugo en cristales. El proceso de fabricación consta de las siguientes operaciones.

- Pesado y determinación de calidad
- Limpieza y preparación
- Extracción de jugo
- Purificación de jugo
- Evaporación
- Cristalización
- Centrifugación
- Manejo de azúcar

Al no ser parte del campo de estudio si se desea ampliar esta información puede referirse a la sección de anexos.

### **2.5.1. Proceso de producción de azúcar refinado**

Es un subproceso de la producción de azúcar en el cual se utiliza azúcar blanco húmedo como materia prima para reprocesarla y darle distintas características requeridas por los clientes.

La refinería de azúcar se divide en las siguientes estaciones:

### **2.5.1.1. Estación de derretido**

En esta estación se alimenta azúcar blanco el cual disuelve con agua caliente, éste se hace pasar por una zaranda para asegurarse que el azúcar se disuelva en su totalidad y formar el licor a 65 brix, este es bombeado hacia un tanque pulmón que alimentará la siguiente estación.

### **2.5.1.2. Estación de clarificación de licor**

Esta es una adición que se está realizando en la refinería, está no estuvo operando durante el período de evaluación por lo que no se consideró para efectos de la medición del OEE, aquí se utiliza un intercambiador de calor de concha y tubos para aumentar la temperatura del licor a 85 grados Celsius, luego de esto se bombea hacia el tanque de reacción donde se dosifica ácido fosfórico, sacarato de calcio, decolorante y floculante respectivamente para formar un aglomerado, para asegurarse que se obtenga una solución homogénea, el tanque de reacción cuenta con agitadores y aireadores.

El tanque de reacción rebalsa hacia el clarificador, y por acción del floculante las impurezas contenidas en el licor flotan a la parte superior del clarificador, estas impurezas son removidas por medio de un raspador.

El licor clarificado se transfiere a un tanque pulmón con agitación donde se le agrega carbón activado, luego se transfiere el licor al tanque de tratamiento donde se agrega tierra de infusorios para empezar a remover las impurezas que siguen presentes en el licor.

### **2.5.1.3. Estación de filtración**

En esta etapa del proceso se remueve el carbón activado y la tierra de infusorios que se agregó en la estación anterior, para lograr esto es necesario aplicar una precapa para aumentar el tiempo de los ciclos de filtración. La precapa se forma mezclando tierra de infusorios con agua, esta se bombea hacia los filtros para que se forme una capa de aproximadamente un centímetro de espesor.

Una vez aplicada la precapa se hace pasar el licor clarificado por los filtros, se inicia operando los filtros a 0 libras sobre pulgada cuadrada y se cambia la precapa cuando el manómetro alcanza los 70 libras sobre pulgada cuadrada, pues ya se alcanzó la saturación de los filtros.

El licor filtrado se transfiere a un tanque pulmón, el cual funciona como alimentación de la estación de cristalización.

### **2.5.1.4. Estación de cristalización**

La cristalización se lleva a cabo mediante tachos batch que operan al vacío, primero se agrega licor filtrado hasta aproximadamente el 25 por ciento del volumen total, se agrega la semilla, esta es la etapa de disolución, la cual tiene un tiempo de duración de 30 minutos. Luego, en la etapa de desarrollo se agrega más licor filtrado para que se dé la cristalización de la sacarosa contenida él, algunas veces se agrega licor filtrado y jarabe, esta proporción dependerá de la concentración que tengan.

Una vez el licor contenido en el tacho tenga una concentración entre 88 y 92 grados *brix* y se tenga el tamaño y forma requerida de cristales se descarga hacia un tanque magmero para luego centrifugarlo.

#### **2.5.1.5. Estación de centrifugación**

En esta estación se alimenta las máquinas centrífugas con masa cocida para separar el azúcar del jarabe, las centrífugas están equipadas con mallas que retienen los cristales de azúcar y dejan pasar las mieles, para separar estas mieles es necesario realizar dos lavados con agua caliente, todo lo que se separó de los cristales de azúcar refino se le denomina jarabe.

#### **2.5.1.6. Estación de transporte y acondicionamiento de azúcar**

Los cristales de azúcar separados en la estación de centrifugación se mezclan con agua para transportarlos por medio de tornillos sin fin hacia la secadora de túnel rotatorio, en la cual se debe reducir la humedad del azúcar al menos al 0,03 por ciento en peso, luego se transporta hacia la enfriadora donde se debe reducir la temperatura al menos a 35 grados Celsius. El azúcar seco y enfriado se transporta a dos tolvas de llenado, aquí se empaca el azúcar refino en sacos de 50 kilogramos y jumbos de 500 kilogramos.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Variables

En la tabla III se presentan las variables involucradas en el proceso para la implementación de la efectividad global de los equipos, en la refinería del ingenio y las dimensionales en las cuales se analizan.

Tabla III. **Variables involucradas en el proceso**

<b>Variables</b>	<b>Unidad</b>
Sólidos en suspensión	°Brix
Color	U I
Temperatura	°C
Turbidez	U I
Humedad	% p/p
Masa	kg
Flujo volumétrico	gpm / m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia.

#### 3.2. Delimitación del campo de estudio

Se implementará la efectividad global de los equipos en la refinería de azúcar de Pantaleón S. A., tomando en cuenta los equipos de la estación de derretido, filtración, centrifugación, cristalización, y manejo de azúcar, evaluando la disponibilidad, el desempeño y la calidad en cada estación.

Ubicación: la parte experimental de la investigación se llevará a cabo en el área de refinería de azúcar de un Ingenio azucarero, ubicado en el kilómetro. 86,5 carretera al Pacífico Siquinalá, Escuintla.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

En la realización de este trabajo de investigación, fue necesario medir las diferentes variables involucradas en el proceso para implementar la eficiencia global en los equipos. Para ello los recursos humanos disponibles son los siguientes:

Investigador: Byron Estuardo Roldán Flores

Asesor: Ing. Qco. Carlos Roberto Morales Cuellar

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

En la realización de esta investigación se emplearon diferentes equipos, herramientas, insumos y reactivos, los cuales fueron proporcionados en su totalidad por el Ingenio Pantaleón, en donde se implementó la efectividad global de los equipos.

#### **3.4.1. Materia prima**

La materia prima que se utilizó para realizar esta investigación, consiste solamente en el azúcar, que es el producto principal del proceso que se analiza para implementar la eficiencia global de los equipos.

- Azúcar blanco húmedo

### **3.4.2. Reactivos e insumos**

Los reactivos e insumos que son utilizados en los equipos involucrados en el proceso de producción de azúcar, que son analizados para implementar la eficiencia global, son los siguientes:

- Tierra de infusorios
- Floculante
- Carbón activado

### **3.4.3. Cristalería y equipo**

Los equipos utilizados en esta investigación forman parte de la línea de producción de azúcar, cada uno pertenece a una parte del proceso y pueden dividirse en equipo de derretido, de tratamiento, de filtración, cristalización, de centrifugación y de transporte y almacenamiento.

- Equipo de derretido:
  - Tanque pulmón de 553 pies cúbicos
  - Zaranda *mesh* 80
  - Tanque de rebalse 553 pies cúbicos
- Equipo de tratamiento:
  - Tanque pulmón de 553 pies cúbicos
  - Tanque de rebalse 553 pies cúbicos
- Equipo de filtración:
  - 3 filtros en paralelo, superficie filtrante de 4 570 pies cúbicos
  - Tanque de primera filtración de 141 pies cúbicos

- Filtro de segunda filtración
- Tanque de segunda filtración 141 pies cúbicos
- Tanquería de precapa, 2 146 pies cúbicos
  
- **Cristalización:**
  - 4 Tachos con capacidad de 1 800 pies cúbicos por templa
  
- **Centrifugación:**
  - 4 centrifugas 48 x 36 con capacidad de 7 quintales/ciclo
  - 1 centrifuga 54 x 40 con capacidad de 11 quintales/ciclo
  - 1 centrifuga BMA 1 750
  
- **Transporte y almacenamiento**
  - 3 elevadores de cangilones
  - 1 secador de túnel rotatorio
  - 1 enfriadora
  - 4 fajas transportadoras
  - 3 tolvas de llenado

### **3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa**

Por medio de un análisis cuantitativo establecido de las variables involucradas (sólidos en suspensión, color, temperatura, turbidez, humedad, masa y flujo volumétrico) se calculará la efectividad global a la que trabajan los equipos en la refinería.

### **3.6. Recolección y ordenamiento de la información**

El procedimiento que fue utilizado para realizar mediciones de las variables del método con la técnica cuantitativa establecida, a partir de la cual se generan datos necesarios para la investigación, es detallado a continuación:

- Procedimiento
  - Anotar el tiempo perdido en cada una de las estaciones.
  - Anotar los gpm en la estación de derretido.
  - Anotar los grados brix en la salida de la estación de derretido, tachos y centrífugas.
  - Medir las unidades de color del licor derretido a la salida de la estación de derretido, clarificación y centrífugas.
  - Anotar el volumen de descarga de los tachos.
  - Medir los ciclos de descarga por unidad de tiempo.
  - Medir la temperatura y humedad antes del ingreso del azúcar al área de envasado.
  - Anotar la cantidad de sacos o jumbos de azúcar que se están envasando por hora.
  - Pesar y anotar la masa de los sacos o jumbos.

### 3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Todos los datos que se tomaron en las mediciones realizadas durante el desarrollo experimental de esta investigación, fueron tabulados en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla IV. Datos estación de derretido día 10 al 40

Día de zafra	Tiempo perdido (h)	Producción (gpm)	°Brix licor derretido	Decoloración (%)
10	0	92,41	64,91	56,95%
11	0	116,86	66,06	53,09%
12	0	126,12	64,95	43,52%
13	0	136,05	65,81	49,30%
14	0	129,88	65,85	50,30%
15	0	133,12	65,43	47,85%
16	0	82,84	66,29	49,27%
17	0	127,01	64,97	46,67%
18	0	121,84	65,09	53,58%
19	0	131,36	65,39	54,35%
20	0	147,19	65,48	47,15%
21	0	144,66	64,93	47,36%
22	0	131,60	63,64	39,57%
23	0	152,13	65,05	45,44%
24	0	135,76	63,57	43,68%
25	0	76,07	64,66	40,37%
26	0	97,35	68,51	22,76%
27	0	187,93	66,58	19,06%
28	0	213,17	67,49	26,45%
29	0	185,70	67,11	25,99%
30	0	180,56	66,86	24,98%
31	0	194,81	66,33	20,83%
32	0	153,66	66,25	24,01%
33	0	212,90	66,29	20,25%
34	0	123,59	66,58	21,68%
35	0	198,60	65,93	15,82%
36	0	225,33	65,92	18,23%
37	0	169,27	65,56	25,60%
38	0	184,29	64,43	26,95%
39	0	182,90	67,44	20,93%
40	0	209,66	66,07	24,08%

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Datos estación de derretido día 41 al 70

<b>Día de zafra</b>	<b>Tiempo perdido (h)</b>	<b>Producción (gpm)</b>	<b>°Brix licor derretido</b>	<b>Decoloración (%)</b>
41	0	170,66	65,80	28,29%
42	0	210,08	65,70	23,21%
43	0	193,05	65,98	28,55%
44	0	208,26	66,84	24,44%
45	0	231,44	66,35	10,39%
46	0	229,43	65,98	18,94%
47	0	217,66	65,68	31,07%
48	0	216,99	64,33	29,58%
49	0	223,78	64,80	25,08%
50	0	168,45	64,20	31,80%
51	0	215,56	64,83	19,93%
52	0	222,79	65,34	24,10%
53	0	226,90	65,69	20,80%
54	0	222,07	65,53	27,38%
55	0	233,76	65,56	21,99%
56	0	220,67	67,43	18,29%
57	0	222,02	65,24	31,22%
58	0	216,15	65,78	27,76%
59	0	172,33	65,22	25,92%
60	0	221,51	63,62	24,72%
61	0	238,18	65,58	28,32%
62	0	225,97	65,32	21,57%
63	0	220,72	65,23	18,11%
64	0	218,54	64,76	24,55%
65	0	161,06	66,44	22,82%
66	0	183,33	66,21	30,85%
67	0	184,17	65,68	30,15%
68	0	197,12	65,67	26,56%
69	0	166,70	64,01	30,88%
70	0	144,39	66,47	40,37%

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Datos estación de filtración día 10 a 40

<b>Día de zafra</b>	<b>Tiempo perdido (h)</b>	<b>Producción (gpm)</b>	<b>Remoción de turbidez (%)</b>
10	0	92,41	94,21%
11	0	116,86	94,16%
12	0	126,12	95,25%
13	0	136,05	93,73%
14	0	129,88	96,40%
15	0	133,12	95,25%
16	0	82,84	96,29%
17	0	127,01	95,03%
18	0	121,84	95,93%
19	0	131,36	91,20%
20	0	147,19	92,77%
21	0	144,66	93,84%
22	0	131,60	90,01%
23	0	152,13	90,86%
24	0	135,76	92,58%
25	0	76,07	84,81%
26	0	97,35	43,56%
27	0	187,93	48,23%
28	0	213,17	16,78%
29	0	185,70	37,13%
30	0	180,56	33,69%
31	0	194,81	39,39%
32	0	153,66	42,08%
33	0	212,90	53,43%
34	0	123,59	57,93%
35	0	198,60	60,63%
36	0	225,33	52,69%
37	0	169,27	45,52%
38	0	184,29	48,39%
39	0	182,90	56,40%
40	0	209,66	45,99%

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Datos estación de filtración día 41 al 70

<b>Día de zafra</b>	<b>Tiempo perdido (h)</b>	<b>Producción (gpm)</b>	<b>Remoción de turbidez (%)</b>
41	0	170,66	57,50%
42	0	210,08	63,39%
43	0	193,05	28,38%
44	0	208,26	46,95%
45	0	231,44	63,94%
46	0	229,43	49,78%
47	0	217,66	47,16%
48	0	216,99	49,52%
49	0	223,78	57,90%
50	0	168,45	44,72%
51	0	215,56	46,62%
52	0	222,79	33,67%
53	0	226,90	35,78%
54	0	222,07	46,87%
55	0	233,76	47,26%
56	0	220,67	45,81%
57	0	222,02	51,02%
58	0	216,15	59,79%
59	0	172,33	54,23%
60	0	221,51	40,49%
61	0	238,18	19,35%
62	0	225,97	15,02%
63	0	220,72	39,74%
64	0	218,54	14,09%
65	0	161,06	29,17%
66	0	183,33	38,30%
67	0	184,17	44,04%
68	0	197,12	12,41%
69	0	166,70	32,21%
70	0	144,39	52,18%

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Datos estación de cristalización día 10 al 70

Día de zafra	Tiempo perdido (h)	Producción de masa (m <sup>3</sup> /día)	°Brix
10	4,25	675	88,95
11	3,00	765	88,88
12	0,75	810	90,21
13	0,00	900	89,58
14	0,42	900	89,26
15	0,33	765	89,73
16	0,25	540	89,47
17	3,67	810	88,78
18	2,33	855	89,17
19	2,42	855	90,32
20	0,75	945	88,75
21	3,42	855	89,43
22	1,92	810	89,49
23	2,33	990	89,11
24	4,00	810	86,55
25	2,42	540	89,13
26	0,33	720	89,06
27	0,00	1125	88,75
28	0,00	1170	90,31
29	0,58	1035	89,59
30	0,83	945	89,80
31	0,42	1080	89,95
32	0,00	900	90,09
33	0,33	990	89,35
34	0,50	720	89,49
35	0,58	1305	88,50
36	0,83	1125	89,65
37	1,92	1080	88,61
38	1,08	1125	87,43
39	1,75	1215	89,67
40	1,58	1305	89,79

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Datos estación de cristalización día 41 al 70

<b>Día de zafra</b>	<b>Tiempo perdido (h)</b>	<b>Producción de masa (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>°Brix</b>
41	0,67	990	89,95
42	1,67	1215	89,01
43	1,67	1215	90,23
44	1,75	1260	89,22
45	0,50	1305	89,49
46	0,67	1350	89,26
47	1,00	1260	89,35
48	0,58	1350	88,59
49	0,42	1305	88,49
50	2,25	1035	88,94
51	0,75	1170	85,38
52	0,00	1305	89,91
53	0,42	1350	88,91
54	0,42	1350	84,93
55	0,08	1350	88,84
56	0,50	1440	88,21
57	1,42	1350	88,30
58	1,50	1350	87,23
59	2,00	945	88,67
60	2,00	1215	87,98
61	1,33	1305	88,62
62	0,58	1350	89,43
63	0,42	1305	89,32
64	1,17	1260	89,67
65	1,67	1080	89,10
66	1,67	1125	89,17
67	3,42	945	89,24
68	3,17	1125	89,44
69	4,08	945	89,86
70	9,25	810	89,81

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Datos estación de centrifugación día 10 al 40

Día de zafra	Tiempo perdido (h)	Producción (kg)	°Brix jarabe	Color azúcar refino (UI)
10	2,46	430 200,00	74,98	28,97
11	0,65	443 800,00	74,11	28,18
12	0,28	483 400,00	74,71	24,78
13	0,61	599 050,00	75,81	28,01
14	0,00	565 100,00	75,40	33,01
15	0,00	529 850,00	71,21	31,47
16	4,99	333 200,00	72,52	26,69
17	0,00	534 100,00	74,29	25,31
18	0,00	544 650,00	73,53	30,66
19	0,00	578 450,00	72,77	32,07
20	0,00	616 000,00	68,85	30,12
21	0,21	608 550,00	73,97	30,98
22	0,00	536 100,00	73,12	30,50
23	0,00	644 950,00	73,41	28,99
24	0,00	545 946,50	73,77	32,14
25	1,67	308 850,00	72,31	31,21
26	3,73	424 050,00	74,97	30,47
27	0,00	825 198,00	74,47	29,32
28	0,17	856 199,50	74,95	30,74
29	0,00	706 349,50	74,43	29,63
30	0,00	709 449,00	73,75	23,73
31	0,00	742 644,00	74,06	21,86
32	0,00	535 762,50	75,01	25,08
33	0,00	776 000,00	73,40	28,46
34	0,00	469 600,00	75,04	29,02
35	0,00	760 900,00	74,10	25,99
36	0,00	884 700,00	75,12	23,81
37	0,00	689 199,50	75,11	26,90
38	0,00	765 200,00	74,49	29,62
39	0,00	776 548,00	74,25	29,54
40	0,00	843 950,00	75,13	27,49

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Datos estación de centrifugación día 41 al 70

Día de zafra	Tiempo perdido (h)	Producción (kg)	°Brix jarabe	Color azúcar refino (UI)
41	0,00	679 948,50	74,98	27,45
42	0,00	819 248,50	74,64	27,40
43	0,00	802 451,00	75,23	27,09
44	0,52	885 950,00	74,86	32,38
45	0,00	898 200,00	74,61	27,90
46	0,00	924 250,00	74,34	27,69
47	0,00	875 000,00	74,69	26,10
48	0,00	864 550,00	73,57	27,58
49	0,00	896 550,00	74,49	30,75
50	0,00	638 850,00	74,05	30,68
51	0,00	855 300,00	75,75	26,97
52	0,00	889 450,00	74,57	27,17
53	0,00	926 050,00	74,21	29,67
54	0,00	888 000,00	74,06	27,57
55	0,00	940 150,00	74,77	27,24
56	0,00	931 350,00	74,75	27,45
57	0,00	907 450,00	73,79	30,35
58	0,00	865 950,00	73,39	32,43
59	0,00	641 448,50	73,96	29,84
60	0,00	791 200,00	72,23	32,87
61	0,00	907 350,00	74,90	29,08
62	0,00	885 100,00	74,68	29,43
63	0,00	887 300,00	74,56	28,38
64	0,00	876 999,00	75,22	29,82
65	0,00	626 098,50	74,55	27,30
66	0,00	763 450,00	74,59	25,17
67	2,42	719 197,00	75,06	26,42
68	0,00	768 433,50	75,45	24,00
69	0,00	632 000,00	75,36	25,65
70	0,00	580 954,50	75,26	25,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Datos transporte y acondicionamiento día 10 al 40

Día de zafra	Tiempo perdido (h)	Producción (kg)	Temperatura azúcar (°C)	Humedad azúcar (%p/p)
10	0	430 200,00	31,62	0,016
11	0	443 800,00	31,40	0,023
12	0	483 400,00	31,61	0,017
13	0	599 050,00	32,05	0,015
14	0	565 100,00	31,78	0,018
15	0	529 850,00	32,59	0,023
16	0	333 200,00	31,80	0,014
17	0	534 100,00	31,71	0,020
18	0	544 650,00	31,89	0,025
19	0	578 450,00	31,53	0,014
20	0	616 000,00	32,55	0,020
21	0	608 550,00	32,35	0,019
22	0	536 100,00	31,94	0,019
23	0	644 950,00	32,18	0,018
24	0	545 946,50	31,42	0,017
25	0	308 850,00	31,44	0,019
26	0	424 050,00	32,60	0,017
27	0	825 198,00	32,83	0,016
28	0	856 199,50	33,32	0,019
29	0	706 349,50	32,50	0,018
30	0	709 449,00	32,59	0,016
31	0	742 644,00	32,92	0,015
32	0	535 762,50	31,60	0,011
33	0	776 000,00	32,26	0,016
34	0	469 600,00	32,13	0,018
35	0	760 900,00	31,96	0,016
36	0	884 700,00	32,32	0,017
37	0	689 199,50	32,60	0,018
38	0	765 200,00	32,31	0,017
39	0	776 548,00	32,29	0,018
40	0	843 950,00	32,03	0,016

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Datos transporte y acondicionamiento día 41 al 70

Día de zafra	Tiempo perdido (h)	Producción (kg)	Temperatura azúcar (°C)	Humedad azúcar (%p/p)
41	0	679 948,50	31,48	0,015
42	0	819 248,50	32,26	0,020
43	0,35	802 451,00	32,57	0,016
44	0	885 950,00	32,44	0,013
45	0	898 200,00	32,24	0,017
46	0	924 250,00	32,17	0,013
47	0	875 000,00	31,71	0,016
48	0	864 550,00	32,50	0,017
49	0	896 550,00	32,07	0,017
50	0	638 850,00	32,00	0,012
51	0	855 300,00	32,50	0,012
52	0	889 450,00	32,29	0,015
53	0	926 050,00	31,97	0,017
54	0	888 000,00	31,93	0,015
55	0	940 150,00	32,17	0,019
56	0	931 350,00	31,48	0,017
57	0	907 450,00	32,07	0,020
58	0	865 950,00	32,21	0,018
59	0	641 448,50	31,08	0,016
60	0	791 200,00	31,12	0,018
61	0	907 350,00	31,36	0,019
62	0	885 100,00	31,34	0,013
63	0	887 300,00	31,39	0,014
64	0	876 999,00	31,59	0,019
65	0	626 098,50	31,40	0,015
66	0	763 450,00	31,57	0,013
67	0	719 197,00	32,00	0,017
68	0	768 433,50	31,00	0,020
69	0	632 000,00	31,60	0,015
70	0	580 954,50	31,00	0,021

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Datos estación de envasado día 10 al 40

<b>Día de zafra</b>	<b>Tiempo perdido (h)</b>	<b>Producción de azúcar refino (Kg)</b>
10	0,00	430 200,00
11	0,00	443 800,00
12	0,00	483 400,00
13	0,00	599 050,00
14	0,00	565 100,00
15	0,00	529 850,00
16	0,00	333 200,00
17	0,33	534 100,00
18	0,00	544 650,00
19	0,00	578 450,00
20	0,00	616 000,00
21	0,00	608 550,00
22	0,00	536 100,00
23	0,00	644 950,00
24	0,00	545 946,50
25	0,00	308 850,00
26	0,00	424 050,00
27	0,00	825 198,00
28	0,00	856 199,50
29	0,00	706 349,50
30	0,00	709 449,00
31	0,33	742 644,00
32	0,00	535 762,50
33	0,00	776 000,00
34	0,00	469 600,00
35	1,83	760 900,00
36	0,00	884 700,00
37	0,00	689 199,50
38	0,00	765 200,00
39	0,00	776 548,00
40	0,00	843 950,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Datos estación de envasado día 41 al 70

<b>Día de zafra</b>	<b>Tiempo perdido (h)</b>	<b>Producción de azúcar refino (kg)</b>
41	0,00	679 948,50
42	0,00	819 248,50
43	0,00	802 451,00
44	0,00	885 950,00
45	0,12	898 200,00
46	0,00	924 250,00
47	0,25	875 000,00
48	0,67	864 550,00
49	0,50	896 550,00
50	0,00	638 850,00
51	0,25	855 300,00
52	0,30	889 450,00
53	1,00	926 050,00
54	0,67	888 000,00
55	0,00	940 150,00
56	0,00	931 350,00
57	0,30	907 450,00
58	1,00	865 950,00
59	0,08	641 448,50
60	0,00	791 200,00
61	0,00	907 350,00
62	0,00	885 100,00
63	0,75	887 300,00
64	0,33	876 999,00
65	0,33	626 098,50
66	0,00	763 450,00
67	0,00	719 197,00
68	0,00	768 433,50
69	0,17	632 000,00
70	0,00	580 954.50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **OEE estación de derretido día de zafra 10 al 40**

<b>Día de zafra</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Desempeño (%)</b>	<b>Calidad (%)</b>	<b>OEE (%)</b>
10	100,00%	46,20%	91,67%	42,35%
11	100,00%	58,43%	100,00%	58,43%
12	100,00%	63,06%	75,00%	47,30%
13	100,00%	68,02%	100,00%	68,02%
14	100,00%	64,94%	100,00%	64,94%
15	100,00%	66,56%	100,00%	66,56%
16	100,00%	41,42%	100,00%	41,42%
17	100,00%	63,51%	91,67%	58,22%
18	100,00%	60,92%	83,33%	50,76%
19	100,00%	65,68%	91,67%	60,21%
20	100,00%	73,59%	91,67%	67,46%
21	100,00%	72,33%	83,33%	60,27%
22	100,00%	65,80%	41,67%	27,42%
23	100,00%	76,06%	91,67%	69,72%
24	100,00%	67,88%	58,33%	39,59%
25	100,00%	38,04%	70,00%	26,63%
26	100,00%	48,67%	66,67%	32,45%
27	100,00%	93,96%	50,00%	46,98%
28	100,00%	100,00%	75,00%	75,00%
29	100,00%	92,85%	66,67%	61,90%
30	100,00%	90,28%	66,67%	60,19%
31	100,00%	97,41%	50,00%	48,71%
32	100,00%	76,83%	75,00%	57,62%
33	100,00%	100,00%	41,67%	41,67%
34	100,00%	61,80%	50,00%	30,90%
35	100,00%	99,30%	41,67%	41,38%
36	100,00%	100,00%	50,00%	50,00%
37	100,00%	84,63%	66,67%	56,42%
38	100,00%	92,15%	50,00%	46,08%
39	100,00%	91,45%	66,67%	60,97%
40	100,00%	100,00%	50,00%	50,00%

Fuente: tabla IV.

Tabla XVII. OEE estación de derretido día de zafra 41 al 70

Día de zafra	Disponibilidad (%)	Desempeño (%)	Calidad (%)	OEE (%)
41	100,00%	85,33%	50,00%	42,67%
42	100,00%	100,00%	66,67%	66,67%
43	100,00%	96,53%	66,67%	64,36%
44	100,00%	100,00%	66,67%	66,67%
45	100,00%	100,00%	50,00%	50,00%
46	100,00%	100,00%	41,67%	41,67%
47	100,00%	100,00%	66,67%	66,67%
48	100,00%	100,00%	58,33%	58,33%
49	100,00%	100,00%	58,33%	58,33%
50	100,00%	84,23%	50,00%	42,12%
51	100,00%	100,00%	50,00%	50,00%
52	100,00%	100,00%	58,33%	58,33%
53	100,00%	100,00%	50,00%	50,00%
54	100,00%	100,00%	75,00%	75,00%
55	100,00%	100,00%	50,00%	50,00%
56	100,00%	100,00%	58,33%	58,33%
57	100,00%	100,00%	58,33%	58,33%
58	100,00%	100,00%	58,33%	58,33%
59	100,00%	86,16%	41,67%	35,90%
60	100,00%	100,00%	41,67%	41,67%
61	100,00%	100,00%	66,67%	66,67%
62	100,00%	100,00%	58,33%	58,33%
63	100,00%	100,00%	41,67%	41,67%
64	100,00%	100,00%	66,67%	66,67%
65	100,00%	80,53%	50,00%	40,27%
66	100,00%	91,66%	70,00%	64,16%
67	100,00%	92,08%	70,00%	64,46%
68	100,00%	98,56%	75,00%	73,92%
69	100,00%	83,35%	41,67%	34,73%
70	100,00%	72,20%	83,33%	60,16%

Fuente: tabla V.

Tabla XVIII. OEE estación de filtración día de zafra 10 al 40

Día de zafra	Disponibilidad (%)	Desempeño (%)	Calidad (%)	OEE (%)
10	100,00%	46,20%	100,00%	46,20%
11	100,00%	58,43%	100,00%	58,43%
12	100,00%	63,06%	100,00%	63,06%
13	100,00%	68,02%	100,00%	68,02%
14	100,00%	64,94%	100,00%	64,94%
15	100,00%	66,56%	100,00%	66,56%
16	100,00%	41,42%	100,00%	41,42%
17	100,00%	63,51%	100,00%	63,51%
18	100,00%	60,92%	100,00%	60,92%
19	100,00%	65,68%	100,00%	65,68%
20	100,00%	73,59%	100,00%	73,59%
21	100,00%	72,33%	100,00%	72,33%
22	100,00%	65,80%	100,00%	65,80%
23	100,00%	76,06%	100,00%	76,06%
24	100,00%	67,88%	100,00%	67,88%
25	100,00%	38,04%	100,00%	38,04%
26	100,00%	48,67%	83,33%	40,56%
27	100,00%	93,96%	83,33%	78,30%
28	100,00%	100,00%	16,67%	16,67%
29	100,00%	92,85%	66,67%	61,90%
30	100,00%	90,28%	50,00%	45,14%
31	100,00%	97,41%	66,67%	64,94%
32	100,00%	76,83%	66,67%	51,22%
33	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
34	100,00%	61,80%	100,00%	61,80%
35	100,00%	99,30%	100,00%	99,30%
36	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
37	100,00%	84,63%	83,33%	70,52%
38	100,00%	92,15%	83,33%	76,79%
39	100,00%	91,45%	100,00%	91,45%
40	100,00%	100,00%	66,67%	66,67%

Fuente: tabla VI.

Tabla XIX. OEE estación de filtración día de zafra 41 al 70

Día de zafra	Disponibilidad (%)	Desempeño (%)	Calidad (%)	OEE (%)
41	100,00%	85,33%	100,00%	85,33%
42	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
43	100,00%	96,53%	66,67%	64,36%
44	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
45	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
46	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
47	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
48	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
49	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
50	100,00%	84,23%	50,00%	42,12%
51	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
52	100,00%	100,00%	66,67%	66,67%
53	100,00%	100,00%	66,67%	66,67%
54	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
55	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
56	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
57	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
58	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
59	100,00%	86,16%	83,33%	71,80%
60	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
61	100,00%	100,00%	33,33%	33,33%
62	100,00%	100,00%	33,33%	33,33%
63	100,00%	100,00%	83,33%	83,33%
64	100,00%	100,00%	50,00%	50,00%
65	100,00%	80,53%	60,00%	48,32%
66	100,00%	91,66%	80,00%	73,33%
67	100,00%	92,08%	80,00%	73,66%
68	100,00%	98,56%	33,33%	32,85%
69	100,00%	83,35%	50,00%	41,68%
70	100,00%	72,20%	83,33%	60,16%

Fuente: tabla VII.

Tabla XX. **OEE estación de cristalización día de zafra 10 al 40**

<b>Día de zafra</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Desempeño (%)</b>	<b>Calidad (%)</b>	<b>OEE (%)</b>
10	82,29%	51,14%	66,67%	28,06%
11	87,50%	57,95%	66,67%	33,81%
12	96,88%	61,36%	100,00%	59,44%
13	100,00%	68,18%	100,00%	68,18%
14	98,25%	68,18%	100,00%	66,99%
15	98,63%	57,95%	100,00%	57,15%
16	98,96%	40,91%	100,00%	40,48%
17	84,71%	61,36%	66,67%	34,65%
18	90,29%	64,77%	100,00%	58,48%
19	89,92%	64,77%	100,00%	58,24%
20	96,88%	71,59%	33,33%	23,12%
21	85,75%	64,77%	100,00%	55,54%
22	92,00%	61,36%	100,00%	56,45%
23	90,29%	75,00%	100,00%	67,72%
24	83,33%	61,36%	33,33%	17,04%
25	89,92%	40,91%	50,00%	18,39%
26	98,63%	54,55%	50,00%	26,90%
27	100,00%	85,23%	66,67%	56,82%
28	100,00%	88,64%	100,00%	88,64%
29	97,58%	78,41%	100,00%	76,52%
30	96,54%	71,59%	100,00%	69,11%
31	98,25%	81,82%	100,00%	80,39%
32	100,00%	68,18%	100,00%	68,18%
33	98,63%	75,00%	100,00%	73,97%
34	97,92%	54,55%	100,00%	53,41%
35	97,58%	98,86%	100,00%	96,47%
36	96,54%	85,23%	66,67%	54,86%
37	92,00%	81,82%	100,00%	75,27%
38	95,50%	85,23%	66,67%	54,27%
39	92,71%	92,05%	100,00%	85,34%
40	93,42%	98,86%	100,00%	92,35%

Fuente: tabla VIII.

Tabla XXI. OEE estación de cristalización día de zafra 41 al 70

Día de zafra	Disponibilidad (%)	Desempeño (%)	Calidad (%)	OEE (%)
41	97,21%	75,00%	100,00%	72,91%
42	93,04%	92,05%	100,00%	85,64%
43	93,04%	92,05%	100,00%	85,64%
44	92,71%	95,45%	100,00%	88,49%
45	97,92%	98,86%	100,00%	96,80%
46	97,21%	100,00%	66,67%	64,81%
47	95,83%	95,45%	100,00%	91,47%
48	97,58%	100,00%	100,00%	97,58%
49	98,25%	98,86%	66,67%	64,76%
50	90,63%	78,41%	66,67%	47,38%
51	96,88%	88,64%	66,67%	57,25%
52	100,00%	98,86%	100,00%	98,86%
53	98,25%	100,00%	66,67%	65,50%
54	98,25%	100,00%	66,67%	65,50%
55	99,67%	100,00%	100,00%	99,67%
56	97,92%	100,00%	33,33%	32,64%
57	94,08%	100,00%	50,00%	47,04%
58	93,75%	100,00%	50,00%	46,88%
59	91,67%	71,59%	83,33%	54,68%
60	91,67%	92,05%	50,00%	42,19%
61	94,46%	98,86%	66,67%	62,26%
62	97,58%	100,00%	100,00%	97,58%
63	98,25%	98,86%	83,33%	80,94%
64	95,13%	95,45%	100,00%	90,80%
65	93,04%	81,82%	100,00%	76,13%
66	93,04%	85,23%	100,00%	79,30%
67	85,75%	71,59%	100,00%	61,39%
68	86,79%	85,23%	100,00%	73,97%
69	83,00%	71,59%	100,00%	59,42%
70	61,46%	61,36%	100,00%	37,71%

Fuente: tabla IX.

Tabla XXII. OEE estación de centrifugación día de zafra 10 al 40

Día de zafra	Disponibilidad (%)	Desempeño (%)	Calidad (%)	OEE (%)
10	89,76%	43,02%	100,00%	38,61%
11	97,31%	44,38%	75,00%	32,39%
12	98,84%	48,34%	83,33%	39,81%
13	97,45%	59,91%	100,00%	58,38%
14	100,00%	56,51%	100,00%	56,51%
15	100,00%	52,99%	50,00%	26,50%
16	79,20%	33,32%	75,00%	19,79%
17	100,00%	53,41%	83,33%	44,51%
18	100,00%	54,47%	83,33%	45,39%
19	100,00%	57,85%	66,67%	38,57%
20	100,00%	61,60%	83,33%	51,33%
21	99,13%	60,86%	66,67%	40,22%
22	100,00%	53,61%	50,00%	26,81%
23	100,00%	64,50%	50,00%	32,25%
24	100,00%	54,59%	66,67%	36,40%
25	93,06%	30,89%	75,00%	21,56%
26	84,48%	42,41%	100,00%	35,83%
27	100,00%	82,52%	83,33%	68,76%
28	99,31%	85,62%	100,00%	85,03%
29	100,00%	70,63%	83,33%	58,86%
30	100,00%	70,94%	66,67%	47,30%
31	100,00%	74,26%	66,67%	49,51%
32	100,00%	53,58%	100,00%	53,58%
33	100,00%	77,60%	83,33%	64,66%
34	100,00%	46,96%	100,00%	46,96%
35	100,00%	76,09%	83,33%	63,41%
36	100,00%	88,47%	100,00%	88,47%
37	100,00%	68,92%	100,00%	68,92%
38	100,00%	76,52%	83,33%	63,76%
39	100,00%	77,65%	83,33%	64,71%
40	100,00%	84,40%	100,00%	84,40%

Fuente: tabla X.

Tabla XXIII. OEE estación de centrifugación día de zafra 41 al 70

Día de zafra	Disponibilidad (%)	Desempeño (%)	Calidad (%)	OEE (%)
41	100,00%	67,99%	100,00%	67,99%
42	100,00%	81,92%	83,33%	68,26%
43	100,00%	80,25%	100,00%	80,25%
44	97,83%	88,60%	100,00%	86,68%
45	100,00%	89,82%	83,33%	74,85%
46	100,00%	92,43%	100,00%	92,43%
47	100,00%	87,50%	100,00%	87,50%
48	100,00%	86,46%	50,00%	43,23%
49	100,00%	89,66%	100,00%	89,66%
50	100,00%	63,89%	66,67%	42,60%
51	100,00%	85,53%	100,00%	85,53%
52	100,00%	88,95%	83,33%	74,12%
53	100,00%	92,61%	83,33%	77,17%
54	100,00%	88,80%	83,33%	74,00%
55	100,00%	94,02%	100,00%	94,02%
56	100,00%	93,14%	91,67%	85,38%
57	100,00%	90,75%	83,33%	75,62%
58	100,00%	86,60%	66,67%	57,74%
59	100,00%	64,14%	83,33%	53,45%
60	100,00%	79,12%	75,00%	59,34%
61	100,00%	90,74%	100,00%	90,74%
62	100,00%	88,51%	91,67%	81,14%
63	100,00%	88,73%	83,33%	73,94%
64	100,00%	87,70%	100,00%	87,70%
65	100,00%	62,61%	91,67%	57,39%
66	100,00%	76,35%	91,67%	69,99%
67	89,93%	71,92%	91,67%	59,29%
68	100,00%	76,84%	100,00%	76,84%
69	100,00%	63,20%	100,00%	63,20%
70	100,00%	58,10%	100,00%	58,10%

Fuente: tabla XI.

Tabla XXIV. **OEE estación de transporte y acondicionamiento día de zafra 10 al 40**

<b>Día de zafra</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Desempeño (%)</b>	<b>Calidad (%)</b>	<b>OEE (%)</b>
10	100,00%	47,80%	96,15%	45,96%
11	100,00%	49,31%	100,00%	49,31%
12	100,00%	53,71%	100,00%	53,71%
13	100,00%	66,56%	100,00%	66,56%
14	100,00%	62,79%	100,00%	62,79%
15	100,00%	58,87%	100,00%	58,87%
16	100,00%	37,02%	100,00%	37,02%
17	100,00%	59,34%	100,00%	59,34%
18	100,00%	60,52%	100,00%	60,52%
19	100,00%	64,27%	100,00%	64,27%
20	100,00%	68,44%	100,00%	68,44%
21	100,00%	67,62%	100,00%	67,62%
22	100,00%	59,57%	100,00%	59,57%
23	100,00%	71,66%	100,00%	71,66%
24	100,00%	60,66%	100,00%	60,66%
25	100,00%	34,32%	100,00%	34,32%
26	100,00%	47,12%	100,00%	47,12%
27	100,00%	91,69%	97,92%	89,78%
28	100,00%	95,13%	94,00%	89,42%
29	100,00%	78,48%	100,00%	78,48%
30	100,00%	78,83%	100,00%	78,83%
31	100,00%	82,52%	95,83%	79,08%
32	100,00%	59,53%	100,00%	59,53%
33	100,00%	86,22%	97,83%	84,35%
34	100,00%	52,18%	100,00%	52,18%
35	100,00%	84,54%	100,00%	84,54%
36	100,00%	98,30%	98,00%	96,33%
37	100,00%	76,58%	97,50%	74,67%
38	100,00%	85,02%	100,00%	85,02%
39	100,00%	86,28%	100,00%	86,28%
40	100,00%	93,77%	100,00%	93,77%

Fuente: tabla XII.

Tabla XXV. **OEE estación de transporte y acondicionamiento día de zafra 41 al 70**

<b>Día de zafra</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Desempeño (%)</b>	<b>Calidad (%)</b>	<b>OEE (%)</b>
41	100,00%	75,55%	100,00%	75,55%
42	100,00%	91,03%	100,00%	91,03%
43	98,54%	89,16%	100,00%	87,86%
44	100,00%	98,44%	100,00%	98,44%
45	100,00%	99,80%	100,00%	99,80%
46	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
47	100,00%	97,22%	100,00%	97,22%
48	100,00%	96,06%	100,00%	96,06%
49	100,00%	99,62%	100,00%	99,62%
50	100,00%	70,98%	100,00%	70,98%
51	100,00%	95,03%	97,22%	92,39%
52	100,00%	98,83%	100,00%	98,83%
53	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
54	100,00%	98,67%	100,00%	98,67%
55	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
56	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
57	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
58	100,00%	96,22%	100,00%	96,22%
59	100,00%	71,27%	100,00%	71,27%
60	100,00%	87,91%	100,00%	87,91%
61	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
62	100,00%	98,34%	100,00%	98,34%
63	100,00%	98,59%	100,00%	98,59%
64	100,00%	97,44%	100,00%	97,44%
65	100,00%	69,57%	100,00%	69,57%
66	100,00%	84,83%	100,00%	84,83%
67	100,00%	79,91%	100,00%	79,91%
68	100,00%	85,38%	100,00%	85,38%
69	100,00%	70,22%	100,00%	70,22%
70	100,00%	64,55%	100,00%	64,55%

Fuente: tabla XIII.

Tabla XXVI. OEE estación de envasado día de zafra 10 al 40

Día de zafra	Disponibilidad (%)	Desempeño (%)	Calidad (%)	OEE (%)
10	100,00%	39,83%	82,47%	32,85%
11	100,00%	41,09%	65,75%	27,02%
12	100,00%	44,76%	58,51%	26,19%
13	100,00%	55,47%	67,50%	37,44%
14	100,00%	52,32%	48,10%	25,17%
15	100,00%	49,06%	58,31%	28,61%
16	100,00%	30,85%	59,66%	18,41%
17	98,61%	49,45%	60,60%	29,55%
18	100,00%	50,43%	46,14%	23,27%
19	100,00%	53,56%	98,06%	52,52%
20	100,00%	57,04%	96,24%	54,90%
21	100,00%	56,35%	96,34%	54,29%
22	100,00%	49,64%	95,29%	47,30%
23	100,00%	59,72%	97,05%	57,96%
24	100,00%	50,55%	83,12%	42,02%
25	100,00%	28,60%	77,84%	22,26%
26	100,00%	39,26%	88,59%	34,78%
27	100,00%	76,41%	78,72%	60,15%
28	100,00%	79,28%	82,68%	65,55%
29	100,00%	65,40%	84,92%	55,54%
30	100,00%	65,69%	89,09%	58,52%
31	98,61%	68,76%	100,00%	67,81%
32	100,00%	49,61%	87,35%	43,33%
33	100,00%	71,85%	95,99%	68,97%
34	100,00%	43,48%	99,70%	43,35%
35	92,36%	70,45%	100,00%	65,07%
36	100,00%	81,92%	100,00%	81,92%
37	100,00%	63,81%	96,97%	61,88%
38	100,00%	70,85%	100,00%	70,85%
39	100,00%	71,90%	100,00%	71,90%
40	100,00%	78,14%	98,78%	77,19%

Fuente: tabla XIV.

Tabla XXVII. **OEE estación de envasado día de zafra 41 al 70**

<b>Día de zafra</b>	<b>Disponibilidad (%)</b>	<b>Desempeño (%)</b>	<b>Calidad (%)</b>	<b>OEE (%)</b>
41	100,00%	62,96%	96,21%	60,57%
42	100,00%	75,86%	100,00%	75,86%
43	100,00%	74,30%	98,46%	73,16%
44	100,00%	82,03%	85,60%	70,22%
45	99,51%	83,17%	86,13%	71,29%
46	100,00%	85,58%	75,35%	64,48%
47	98,96%	81,02%	90,12%	72,25%
48	97,22%	80,05%	96,23%	74,89%
49	97,92%	83,01%	87,38%	71,02%
50	100,00%	59,15%	98,18%	58,07%
51	98,96%	79,19%	100,00%	78,37%
52	98,75%	82,36%	100,00%	81,33%
53	95,83%	85,75%	100,00%	82,18%
54	97,22%	82,22%	100,00%	79,94%
55	100,00%	87,05%	100,00%	87,05%
56	100,00%	86,24%	100,00%	86,24%
57	98,75%	84,02%	100,00%	82,97%
58	95,83%	80,18%	100,00%	76,84%
59	99,65%	59,39%	100,00%	59,18%
60	100,00%	73,26%	100,00%	73,26%
61	100,00%	84,01%	100,00%	84,01%
62	100,00%	81,95%	100,00%	81,95%
63	96,88%	82,16%	100,00%	79,59%
64	98,61%	81,20%	100,00%	80,07%
65	98,61%	57,97%	100,00%	57,16%
66	100,00%	70,69%	100,00%	70,69%
67	100,00%	66,59%	100,00%	66,59%
68	100,00%	71,15%	100,00%	71,15%
69	99,31%	58,52%	100,00%	58,11%
70	100,00%	53,79%	100,00%	53,79%

Fuente: tabla XV.

Tabla XXVIII. OEE refinería de azúcar día de zafra 10 al 40

Día de zafra	Disponibilidad (%)	Desempeño (%)	Calidad (%)	OEE (%)
10	95,34%	45,70%	89,49%	39,00%
11	97,47%	51,60%	84,57%	43,23%
12	99,29%	55,72%	86,14%	48,25%
13	99,57%	64,36%	94,58%	61,10%
14	99,71%	61,61%	91,35%	56,89%
15	99,77%	58,67%	84,72%	50,71%
16	96,36%	37,49%	89,11%	33,09%
17	97,22%	58,43%	83,71%	48,30%
18	98,38%	58,67%	85,47%	49,89%
19	98,32%	61,97%	92,73%	56,58%
20	99,48%	67,64%	84,10%	56,47%
21	97,48%	65,71%	91,06%	58,38%
22	98,67%	59,30%	81,16%	47,22%
23	98,38%	70,50%	89,79%	62,56%
24	97,22%	60,49%	73,58%	43,93%
25	97,16%	35,13%	78,81%	26,87%
26	97,18%	46,78%	81,43%	36,27%
27	100,00%	87,30%	76,66%	66,80%
28	99,88%	91,45%	78,06%	70,05%
29	99,60%	79,77%	83,60%	65,53%
30	99,42%	77,94%	78,74%	59,85%
31	99,48%	83,70%	79,86%	65,07%
32	100,00%	64,09%	88,17%	55,58%
33	99,77%	85,11%	86,47%	72,27%
34	99,65%	53,46%	91,62%	48,10%
35	98,32%	88,09%	87,50%	75,03%
36	99,42%	92,32%	83,00%	75,82%
37	98,67%	76,73%	90,75%	67,95%
38	99,25%	83,65%	80,56%	66,13%
39	98,78%	85,13%	91,67%	76,77%
40	98,90%	92,53%	85,91%	77,40%

Fuente: tablas XVI a XXVII.

Tabla XXIX. OEE refinería de azúcar día de zafra 41 al 70

Día de zafra	Disponibilidad (%)	Desempeño (%)	Calidad (%)	OEE (%)
41	99,53%	75,36%	91,04%	67,50%
42	98,84%	90,14%	88,89%	78,47%
43	98,60%	88,14%	88,63%	75,94%
44	98,42%	94,09%	92,05%	85,08%
45	99,57%	95,28%	86,58%	82,12%
46	99,53%	96,34%	77,84%	74,45%
47	99,13%	93,53%	90,02%	83,07%
48	99,13%	93,76%	81,32%	75,57%
49	99,36%	95,19%	85,40%	80,56%
50	98,44%	73,48%	71,92%	50,54%
51	99,31%	91,40%	82,87%	74,48%
52	99,79%	94,83%	84,72%	79,69%
53	99,01%	96,39%	77,78%	73,59%
54	99,25%	94,95%	84,72%	79,41%
55	99,94%	96,85%	88,89%	85,68%
56	99,65%	96,56%	77,78%	74,32%
57	98,81%	95,80%	79,17%	74,55%
58	98,26%	93,83%	76,39%	69,89%
59	98,55%	73,12%	81,94%	57,71%
60	98,61%	88,72%	75,00%	64,62%
61	99,08%	95,60%	77,78%	72,83%
62	99,60%	94,80%	80,56%	75,11%
63	99,19%	94,72%	81,94%	76,34%
64	98,96%	93,63%	86,11%	78,78%
65	98,61%	72,17%	83,61%	58,14%
66	98,84%	83,40%	90,28%	73,72%
67	95,95%	79,03%	90,28%	67,55%
68	97,80%	85,95%	84,72%	69,02%
69	97,05%	71,71%	81,95%	54,56%
70	93,58%	63,70%	94,44%	55,75%

Fuente: tablas XVI a XXVII.

### **3.8. Análisis estadístico**

Los parámetros estadísticos utilizados en el análisis de los resultados son la media aritmética y la desviación estándar, los cuales son necesarios para la presentación de los resultados de la presente investigación.

#### **3.8.1. Media aritmética**

La media aritmética es utilizada para encontrar el valor promedio entre las mediciones, que es la suma de todas las medidas dividida por el número de medidas.

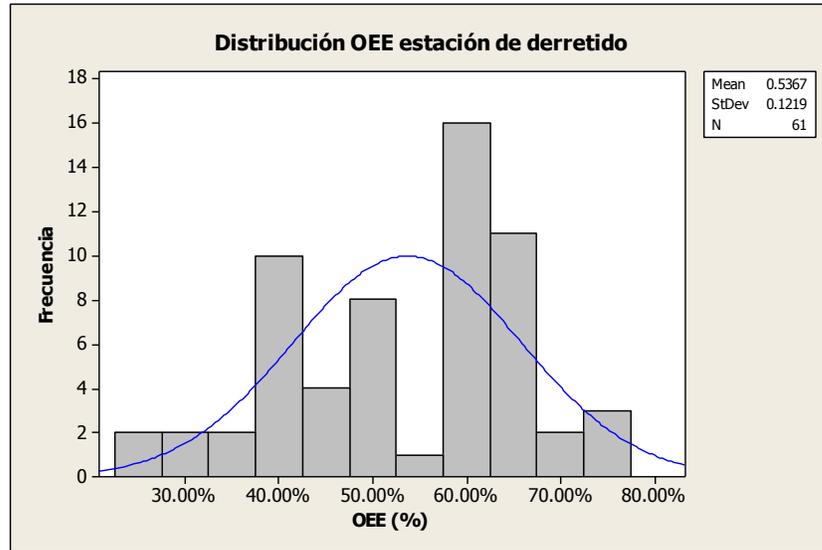
$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

#### **3.8.2. Desviación estándar**

Es la variabilidad medida por la diferencia entre todos los valores. Para un conjunto de datos, la desviación estándar se determina a partir de la siguiente ecuación:

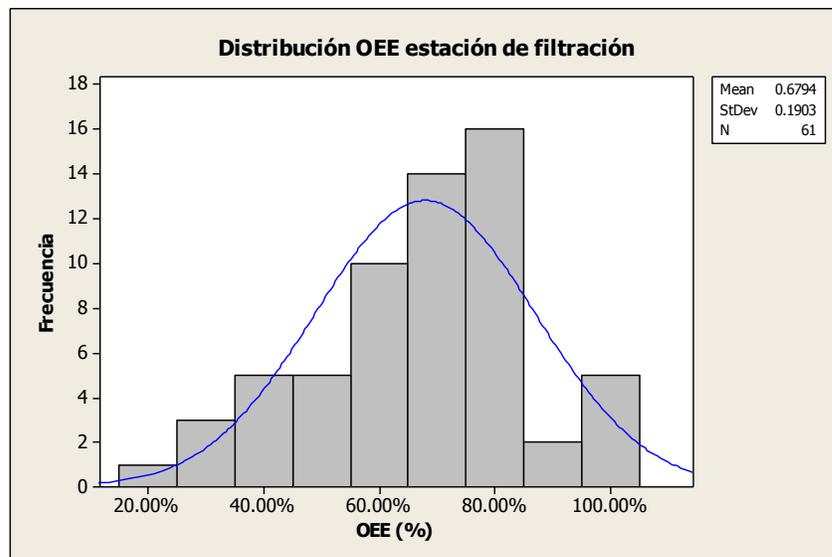
$$\sigma = \sqrt{\sum_i \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Figura 3. **Distribución OEE estación de derretido**



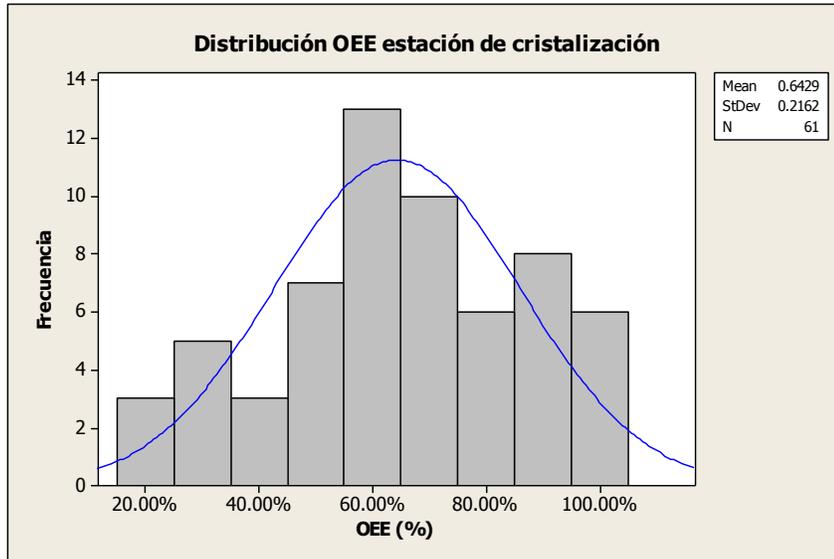
Fuente: tablas XVI y XVII.

Figura 4. **Distribución OEE estación de filtración**



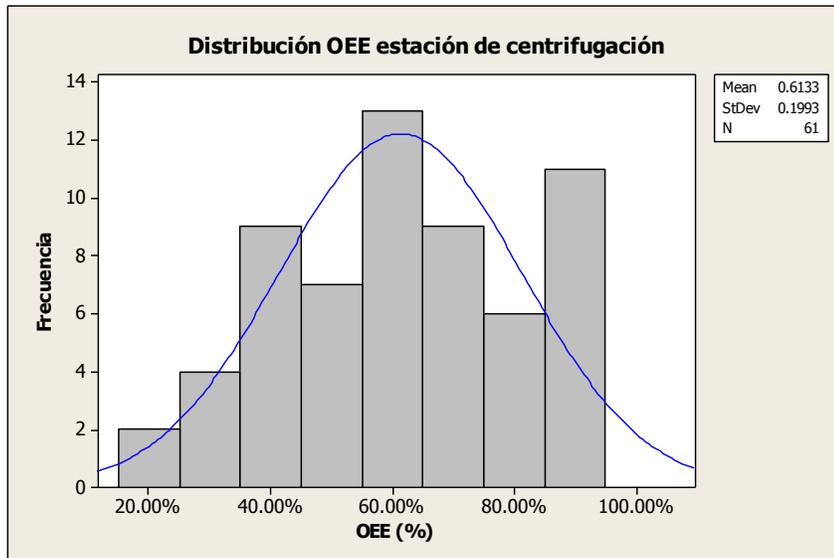
Fuente: tablas XVIII y XIX.

Figura 5. **Distribución OEE estación de cristalización**



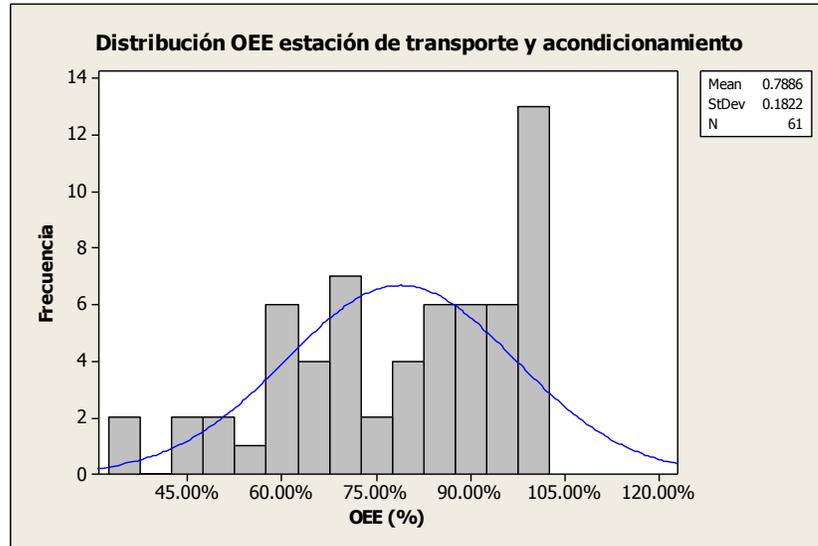
Fuente: tablas XX y XXI.

Figura 6. **Distribución OEE estación de centrifugación**



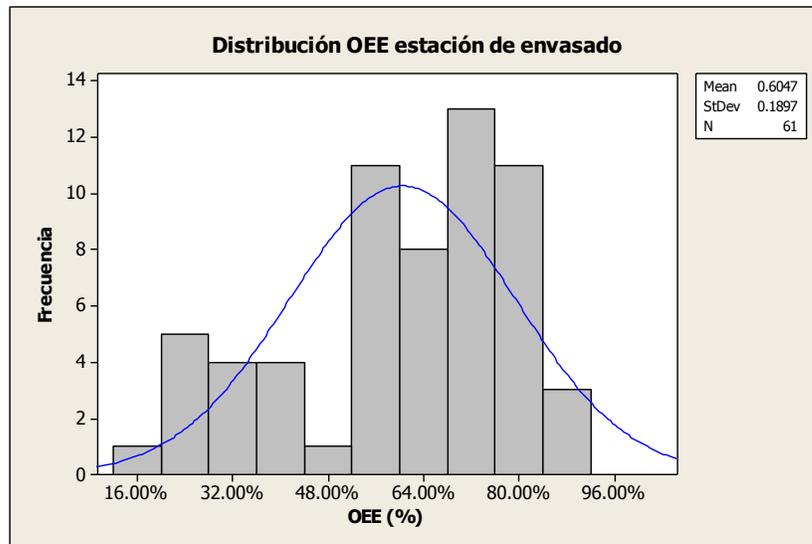
Fuente: tablas XXII y XXIII.

Figura 7. **Distribución OEE estación de transporte y acondicionamiento**



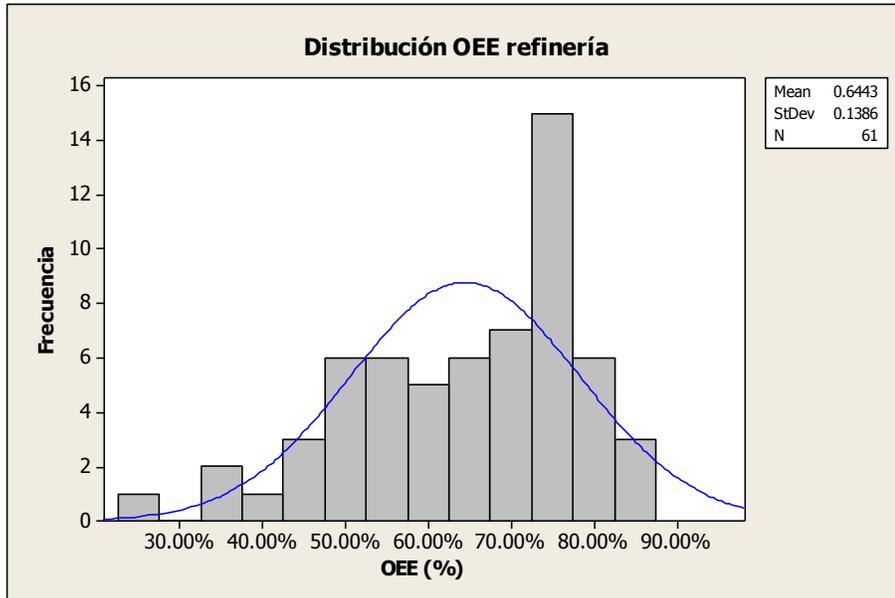
Fuente: tablas XXIV y XXV.

Figura 8. **Distribución OEE estación de envasado**



Fuente: tablas XXVI y XXVII

Figura 9. **Distribución OEE refinería**



Fuente: tablas XXVIII y XXIX.

## 4. RESULTADOS

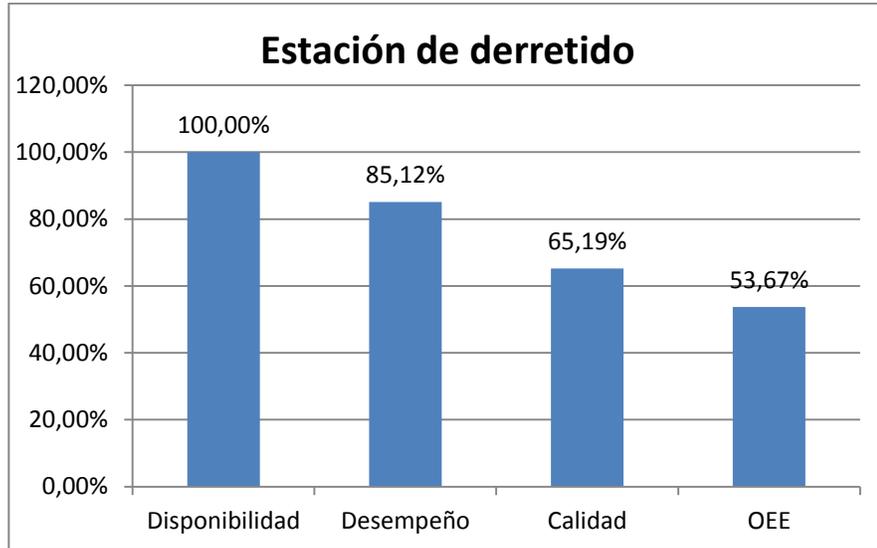
A continuación se presentan las tablas y gráficas de los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas para la implementación de la efectividad global de los equipos de la refinería de azúcar.

Tabla XXX. **OEE refinería por estación**

Estación	Disponibilidad	Desempeño	Calidad	OEE
Derretido	100,00%	85,12%	65,19%	53,67%
Filtración	100,00%	85,12%	81,75%	67,94%
Cristalización	93,85%	80,31%	84,97%	64,29%
Centrifugación	98,79%	71,54%	85,66%	61,33%
T.A.	99,98%	79,23%	99,58%	78,86%
Envasado	99,37%	66,24%	90,29%	60,47%
General Refinería	99,85%	89,72%	61,81%	64,43%

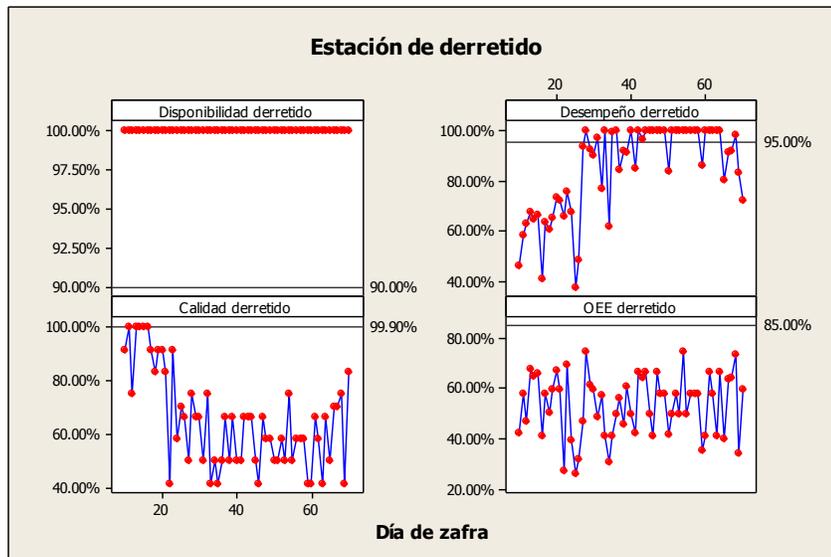
Fuente: tablas XXVIII y XXIX.

Figura 10. Resumen estación de derretido



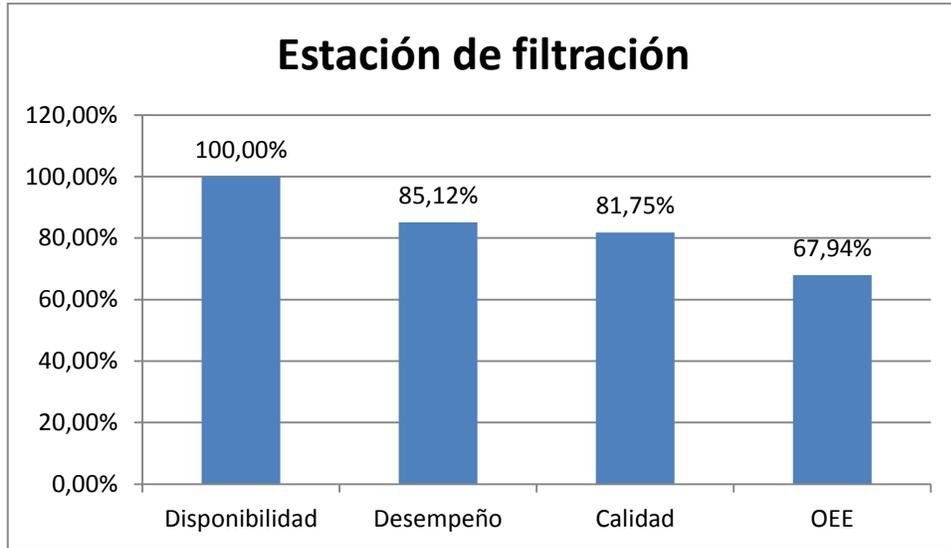
Fuente: tabla XXX.

Figura 11. Estación de derretido



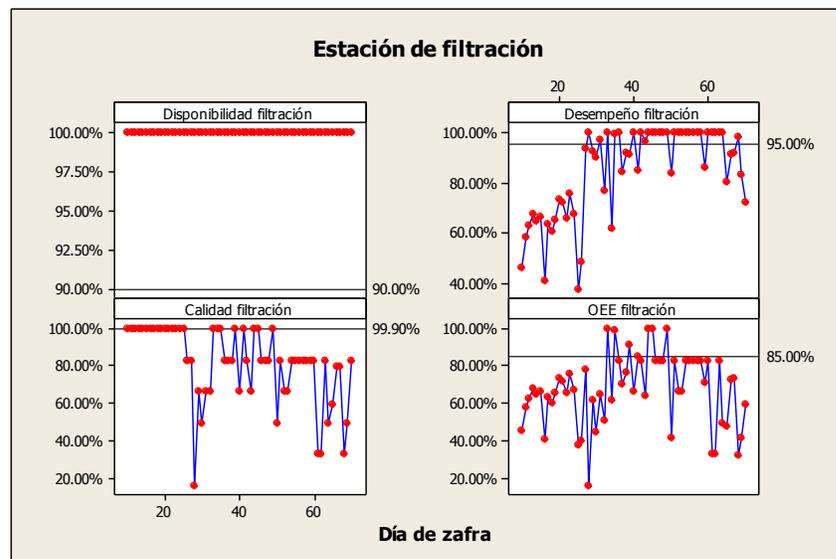
Fuente: tablas XVI y XVII.

Figura 12. Resumen estación de filtración



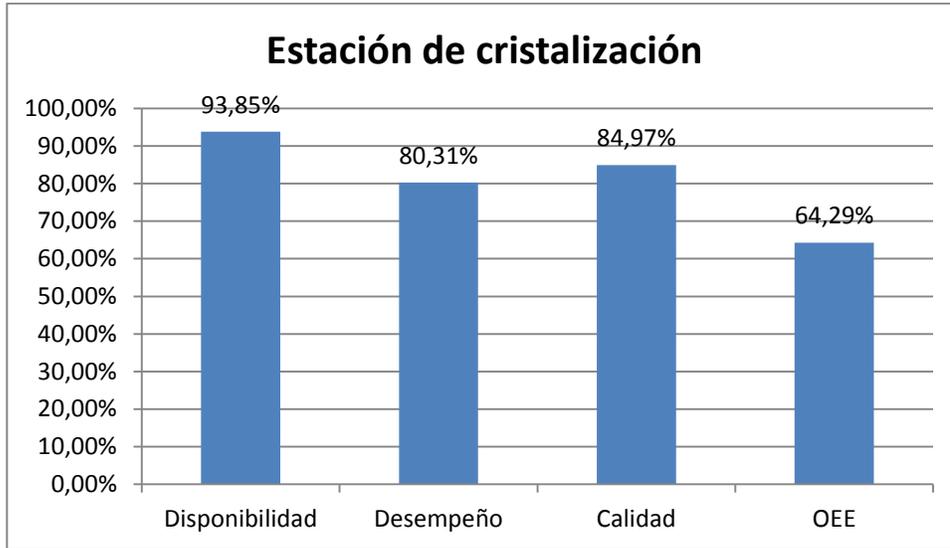
Fuente: tabla XXX.

Figura 13. Estación de filtración



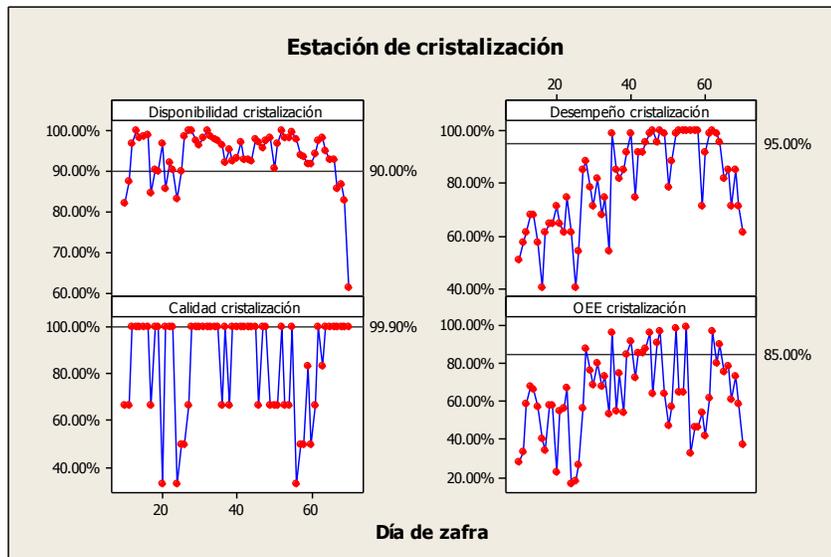
Fuente: tablas XVIII y XIX.

Figura 14. Resumen estación de cristalización



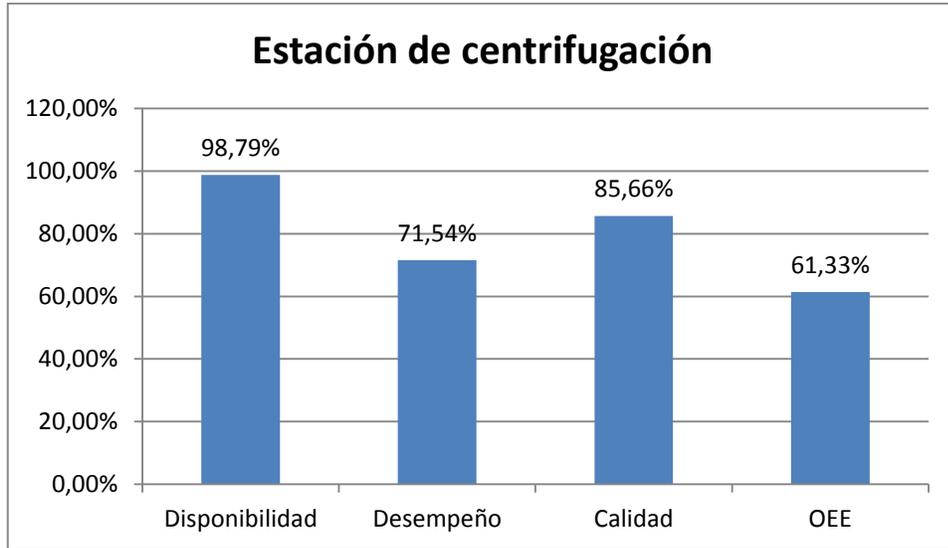
Fuente: tabla XXX.

Figura 15. Estación de cristalización



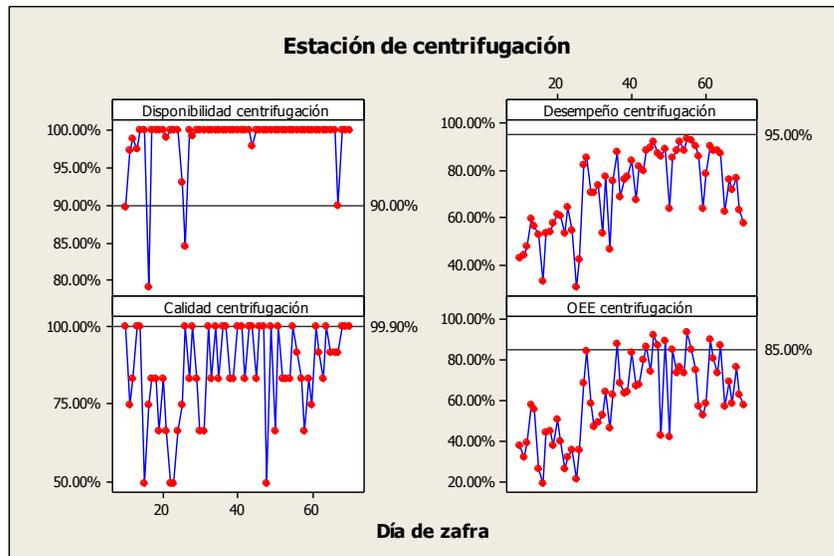
Fuente: tablas XX y XXI.

Figura 16. Resumen estación de centrifugación



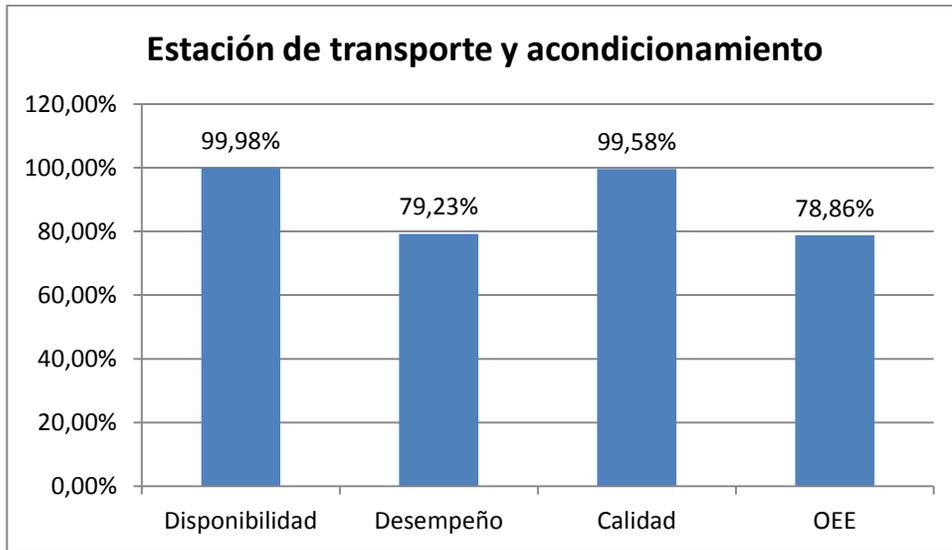
Fuente: tabla XXX.

Figura 17. Estación de centrifugación



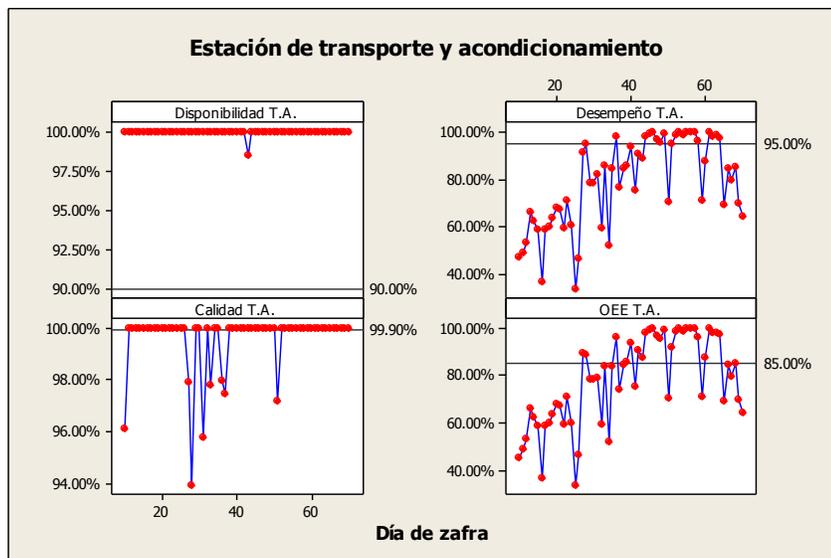
Fuente: tablas XXII y XXIII.

Figura 18. Resumen estación de transporte y acondicionamiento



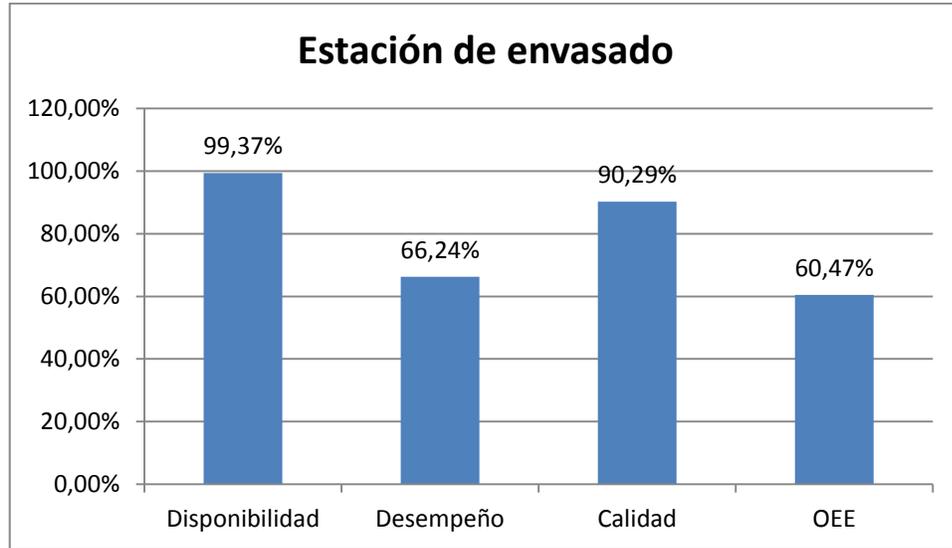
Fuente: tabla XXX.

Figura 19. Estación de transporte y acondicionamiento



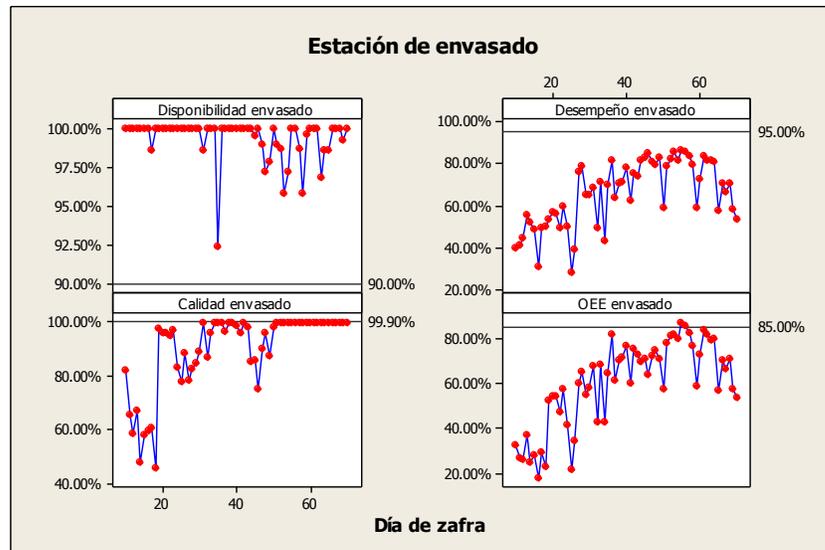
Fuente: tablas XXIV y XXV.

Figura 20. Resumen estación de envasado



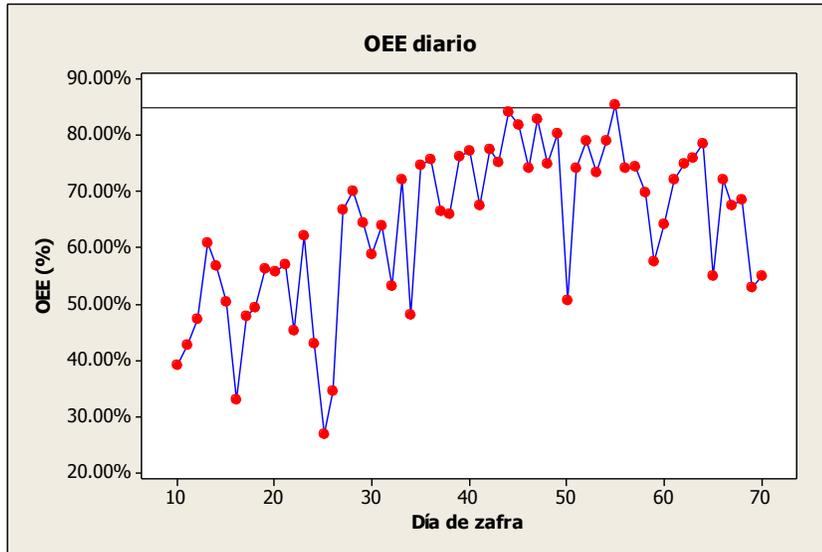
Fuente: tabla XXX.

Figura 21. Estación de envasado



Fuente: tablas XXVI y XXVII.

Figura 22. OEE diario refinería de azúcar



Fuente: tablas XXVIII y XXIX.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En base al monitoreo diario de la disponibilidad, desempeño y calidad de cada una de las estaciones se determinó que el cuello de botella del proceso es la estación de cristalización.

Se obtuvo un OEE general de 64,43 por ciento lo que indica que el proceso está teniendo pérdidas económicas significativas y baja competitividad de acuerdo a la clasificación de *Vorne Industries*.

En la estación de derretido de azúcar se tuvo una disponibilidad del 100 por ciento pues no se registró ningún paro con pérdida de tiempo durante el período de evaluación, se obtuvo un desempeño de 85,12 por ciento por lo que se tiene capacidad para derretir más azúcar que lo que derrite actualmente, sin embargo existe variación en la concentración del licor derretido lo cual afecta directamente a la calidad, como consecuencia directa disminuye el valor de la efectividad global de la estación.

Se tuvo 100 por ciento de disponibilidad en la estación de filtración. Debido a la configuración en paralelo de los filtros en la estación al tener una secuencia de reemplazo de manera que al momento de que un filtro alcance su máxima presión de operación un filtro adicional esté listo para ser usado se tiene la capacidad de filtrar todo el licor que es enviado de la estación de derretido, en la calidad se evaluó la remoción de turbidez en el licor (mínimo 30 por ciento) dando como resultado 81,75 por ciento de cumplimiento.

En la estación de cristalización se obtuvo una disponibilidad del 93,85 por ciento debido a que se tiene que esperar que los tachos terminen su ciclo de cocimiento para descargar la templa, y luego de cada descarga se realiza limpieza con vapor para asegurar que no queden residuos en el tacho para el siguiente ciclo.

El tiempo de cocimiento depende de la calidad de licor y la presión de vapor que se esté suministrando, esto hace que no se tenga disponibilidad de consumir el licor filtrado con la velocidad que este está llegando a los tanques de licor en el piso de tachos, esto dio como resultado la disminución de la velocidad del proceso y provocó una disminución en el desempeño de las estaciones de centrifugación, transporte y almacenamiento y envasado, pues la cantidad de masa que llega a dichas estaciones es menor a la que pueden procesar.

En la estación de centrifugación la falta de disponibilidad reportada se debe al tiempo que estuvo un tacho en espera de descarga por alto nivel en el recibidor de masa, cuando esto sucedía se alimentaba agua y vapor para mantener la concentración de descarga mientras había espacio en el recibidor.

Se tuvo un desempeño de 71,54 por ciento debido a que la capacidad de la estación es mayor a la cantidad de material que se procesa diariamente, lo cual es un aspecto positivo para el proceso pues al aumentar la capacidad en la estación de cristalización no se tendrá ningún inconveniente para por el aumento de material a procesar, se obtuvo 85,66 por ciento de calidad, en esta estación los parámetros de calidad a considerar fueron los grados brix de jarabe y el color de azúcar refino.

En la estación de transporte y acondicionamiento se registró 99,98 por ciento de disponibilidad, el tiempo que la estación no estuvo disponible fue debido únicamente a fallas mecánicas y eléctricas en los equipos, se obtuvo un desempeño de 79,23 por ciento lo cual indica que se tiene capacidad de procesar más material al momento de una ampliación en la refinería, y 99,58 por ciento de calidad pues las condiciones de temperatura y humedad se mantuvieron dentro de especificación.

En el envasado se obtuvo 99,37 por ciento de disponibilidad principalmente por fallos mecánicos y eléctricos en la cosedora de sacos y en la codificadora, 66,24 por ciento de desempeño pues en la estación está capacitada para envasar más azúcar refino que lo que se produce actualmente, y 90,29 por ciento de calidad debido a variación en el peso de los sacos de azúcar refino, el peso en los sacos de azúcar refino debe ser controlado pues de envasar menos azúcar se pone en riesgo la satisfacción del cliente, y al envasar más de la cantidad que debe tener un saco genera pérdidas para el proceso.



## 6. LOGROS OBTENIDOS

Durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado los principales resultados que se obtuvieron con la implementación de la efectividad global de los equipos en la refinería de azúcar, son los siguientes:

- Se midió la efectividad global de las estaciones de la refinería de azúcar de Pantaleon S. A.
- Se implementó el monitoreo diario del OEE lo cual permite identificar las oportunidades de mejora rápidamente y da lugar a realizar acciones preventivas y correctivas para disminuir las causas de disminución de efectividad en las estaciones de la refinería de azúcar.
- Se identificó el cuello de botella del proceso, lo cual permitió analizar la estación de cristalización determinar la causa raíz.



## CONCLUSIONES

1. Fue posible medir la efectividad global de la refinería de azúcar mediante el monitoreo diario de la disponibilidad, desempeño y calidad de cada una de las estaciones del proceso.
2. La refinería de azúcar de Pantaleón S. A. operó con una efectividad global promedio de 64,43 por ciento en el periodo evaluado.
3. Se identificó el cuello de botella del proceso, el cual es la estación de cristalización pues presentó bajo desempeño y como consecuencia el desempeño de los procesos siguientes se vio afectado.
4. Es necesario reducir la variación de concentración en la estación de derretido para cumplir con la calidad requerida y lograr una efectividad global mayor.



## RECOMENDACIONES

1. Seguir monitoreando diariamente la efectividad global de las estaciones para tener conocimiento sobre cómo se está trabajando y que ajustes pueden hacerse para reducir las causas de disminución de efectividad.
2. Evaluar la instalación un sistema automatizado de control de °Bx en la estación de derretido para reducir la variación de calidad de licor derretido.
3. Ampliar la capacidad de la estación de cristalización, específicamente la calandria del tacho 4 para igualar la relación área de transferencia de calor/volumen con el tacho 3 (ver tabla XXXI en la sección de apéndices) y así aumentar el desempeño en las estaciones posteriores.
4. Realizar mantenimientos preventivos para garantizar la disponibilidad de los equipos en las diferentes estaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

1. COLLANTES BOHÓRQUEZ, Jaime. *Efectividad Global de los equipos*. IV foro de mantenimiento e industria, C&C Ingenieros Asociados, disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/foro/cl/2005/jaime.pdf>.
2. GONZÁLEZ GUAJARDO, J. Guadalupe. *Efectividad de planta, OEE*. San Luis Potosí, México, 1986.
3. MILLER, James N. y MILLER, Jane C. *Estadística y Quimiometría para química analítica*. Editorial Pearson Educación S. A., Cuarta edición, Madrid, 2002.
4. PERRY, Robert H. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Editorial McGraw Hill, Octava Edición, Estados Unidos, 2008.
5. RUÍZ, Arturo. *Control estadístico de procesos*. Universidad Pontificia ICAI ICARE Comillas Madrid, 2006. 116 p.
6. UGOTH. *Manual para Ingenieros Azucareros*. Edición francesa al español.
7. VORNE INDUSTRIES. *The Fast Guide to OEE*. Itastca, IL USA, 2008.



## **APÉNDICES**



A continuación se presenta la relación del área de transferencia de calor y volumen de los tachos de la refinería de azúcar.

Apéndice I. **Relación ATDC/Volumen tachos refinería**

<b>Equipo</b>	<b>Relación ATC/Volumen</b>
Tacho 1	1,420724106
Tacho 2	1,420724106
Tacho 3	1,255324407
Tacho 4	0,932432565

Fuente: elaboración propia, refinería de azúcar, Ingenio Pantaleón, S. A.



## **ANEXOS**



## **PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR**

### **Pesado y determinación de calidad**

Inicia con el peso en básculas de las unidades que transportan la caña de azúcar al ingenio y que se encuentran al ingreso del área industrial.

Además en esta parte se determina la calidad de la materia prima, tomando muestras que se analizan continuamente en el laboratorio de control de calidad, para dar un punto de partida o referencia del producto que está ingresando al ingenio.

La caña que llega a la fábrica se descarga sobre las mesas de alimentación por medio de viradores de caña.

### **Limpieza y preparación**

Consiste en remover piedras, sales, minerales u otras partículas que se adhieren a ella en el campo o durante su transporte hacia la fábrica, en las mesas de caña mediante lavado con agua entre 110 y 120 grados Fahrenheit.

Luego la caña se somete a un proceso de preparación que consiste en romper y desfibrar las celdas de los tallos por medio de troceadoras, picadoras oscilantes y desfibradoras hasta reducir a astillas de menos de 2 pulgadas de largo sin extraer el jugo para poder pasar al proceso de extracción del jugo.

## **Extracción de jugo**

La extracción obtenida en una desmenuzadora es muy variable: la desmenuzadora es un órgano de alimentación, de preparación y no de extracción. Sin embargo, es ventajoso para la extracción total de la batería, que ésta extraiga la cantidad de jugo mayor posible y deje la cantidad menor posible de jugo en la caña que entra al primer molino; como consecuencia quedará menos jugo en el bagazo que salga del último molino. Los molinos recuperan, en efecto, una gran parte del jugo que deja la desmenuzadora, pero jamás el total.

La desfibradora es un aparato que se emplea para completar la preparación y la desintegración de la caña y facilitar así la extracción del jugo por los molinos.

Su nombre indica la acción que desarrolla: corta en pedazos pequeños, desfibra.

La extracción se lleva a cabo mediante expresión repetida en molinos de cuatro mazas al mismo tiempo que se agrega agua para disminuir el azúcar presente en el bagazo que se produce como sólido al final del proceso. Este bagazo se utilizará como combustible para producir vapor y el jugo separado seguirá el proceso de tratamiento.

## **Purificación de jugo**

El jugo proveniente de los molinos pasa por calentadores, que llegan a temperaturas entre 140 y 155 grados Fahrenheit. Luego pasa por la torre de sulfatación, bajando el PH para producir azúcar blanco únicamente.

En esta etapa se utiliza azufre como agente decolorante; luego mediante la adición de la batchada de cal entre 6 y 10 baumé se neutraliza el jugo. El calentamiento del jugo se realiza en tres etapas; la primera por vapor vegetal de 5,0 libras sobre pulgada cuadrado alcanzando temperaturas entre 175 y 185 grados Fahrenheit; la segunda por vapor de 5,0 libras sobre pulgada cuadrada alcanzando temperaturas entre 205 y 215 grados Fahrenheit y la última con vapor de 10 libras sobre pulgada cuadrada para rectificación del jugo en forma automática.

Con el proceso anterior se logra que el jugo, al ser liberado a presión atmosférica, sufra una pequeña evaporación en el tanque flash evitando que los flóculos floten o decanten con lentitud por la presencia de burbujas atrapadas en el interior.

El siguiente paso es alimentar el jugo a los clarificadores a baja velocidad para permitir la concentración de lodos y que pueden ser extraídos por gravedad en un clarificador. En la etapa final de este proceso se utilizan coladores vibratorios con malla 110 *mesh* para la eliminación de bagacillo y evitar que llegue al producto final.

Los filtros de cabeza son parte indispensable del proceso, pues sin ellos, la pérdida de sacarosa en la cachaza seria significativa.

## **Evaporación**

La operación del sistema de evaporación en la planta es de quíntuple efecto, tanto para la línea de blanco como para la línea de crudo. La operación es relativamente sencilla debido a que se fijan las condiciones de entrada, salida, nivel de cada evaporador y extracción de vapores vegetales hacia el exterior.

La evaporación se realiza en evaporadores tipo Roberts en los cuales el vapor y el jugo se encuentran en cámaras separadas que fluyen en el mismo sentido. El jugo pasa de un evaporador a otro con bombas denominadas detransferencia. El control global de un evaporador se ejecuta a través de la estabilización de cinco factores muy importantes:

- La concentración del producto final
- La presión absoluta en el último cuerpo
- La alimentación de vapor y jugo al primer evaporador
- Remoción de condensados y gases incondensables
- El control de incrustación en cada evaporador

## **Cristalización**

La cristalización o crecimiento de la sacarosa que contiene el jarabe se lleva a cabo en tachos al vacío. Estos cocimientos, según su pureza producirán azúcar crudo y azúcar blanco. Este es un proceso demorado que industrialmente se acelera introduciendo al tacho unos granos microscópicos de azúcar, denominados semillas. La experiencia del operativo debe juzgar el punto exacto del cocimiento, para la obtención de un buen producto.

## **Centrifugación**

Los cristales del azúcar se separan de la miel restante en la centrifugas, equipos cilíndricos que giran a gran velocidad. La miel pasa a través de las telas, los cristales quedan atrapados dentro de las centrifugas y luego se lavan con agua. Las mieles vuelven a los tachos o bien se utilizan como materia prima para la producción de alcohol en las destilerías. El azúcar pasa al proceso de secado y enfriado.

## **Manejo de azúcar**

En el proceso de centrifugado se utiliza agua de condensado para lavar el azúcar, lo cual da como resultado humedades entre 0,3 y 0,6 por ciento, por lo que es necesario pasarla por un proceso de secado para alcanzar niveles entre 0,2 por ciento para azúcar crudo y 0,03 por ciento para azúcares blancos.

## **Llenadoras**

Para comercializar el azúcar es necesario envasarlo, por lo cual luego de secarla se transporta hacia tolvas llenadoras por medio de elevadores de cangilones y bandas transportadoras donde se empaca en sacos de 50 kilogramos y jumbos de 500 kilogramos.

