



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MEDIO DE ORDENES
DE TRABAJO EN EL ÁREA DE CENTRÍFUGAS Y ESTUDIO ECONÓMICO, EN EL INGENIO
SANTA ANA UBICADO EN FINCA LOS CERRITOS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA,
ESCUINTLA**

Derik Estuardo Alvarado Ayala

Asesorado por el Ing. M.A. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MEDIO DE ORDENES DE TRABAJO EN EL ÁREA DE CENTRÍFUGAS Y ESTUDIO ECONÓMICO, EN EL INGENIO SANTA ANA UBICADO EN FINCA LOS CERRITOS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DERIK ESTUARDO ALVARADO AYALA

ASESORADO POR EL ING. MA. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Alvaro Antonio Ávila Castillo
EXAMINADOR	Ing. Cesar Leonel Ovalle Rodríguez
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:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MEDIO DE ORDENES DE TRABAJO EN EL ÁREA DE CENTRÍFUGAS Y ESTUDIO ECONÓMICO, EN EL INGENIO SANTA ANA UBICADO EN FINCA LOS CERRITOS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha junio de 2005.



Derik Estuardo Alvarado Ayala



Guatemala, 26 de abril de 2011.
REF.EPS.DOC.586.04.11.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Derik Estuardo Alvarado Ayala**, Carné No. **200113316** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MEDIO DE ÓRDENES DE TRABAJO EN EL ÁREA DE CENTRÍFUGAS Y ESTUDIO ECONÓMICO, EN EL INGENIO SANTA ANA UBICADO EN FINCA LOS CERRITOS, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 26 de abril de 2011.
REF.EPS.D.323.04.11

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente


Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MEDIO DE ÓRDENES DE TRABAJO EN EL ÁREA DE CENTRÍFUGAS Y ESTUDIO ECONÓMICO, EN EL INGENIO SANTA ANA UBICADO EN FINCA LOS CERRITOS, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Derik Estuardo Alvarado Ayala** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra

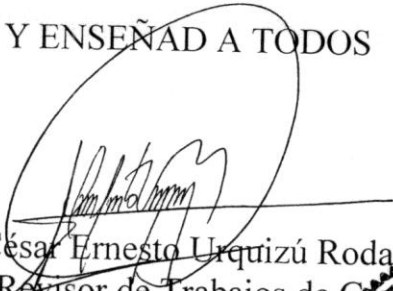




REF.REV.EMI.068.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MEDIO DE ORDENES DE TRABAJO EN EL ÁREA DE CENTRÍFUGAS Y ESTUDIO ECONÓMICO, EN EL INGENIO SANTA ANA UBICADO EN FINCA LOS CERRITOS, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **Derik Estuardo Alvarado Ayala**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MEDIO DE ORDENES DE TRABAJO EN EL ÁREA DE CENTRÍFUGAS Y ESTUDIO ECONÓMICO EN EL INGENIO SANTA ANA UBICADO EN FINCA LOS CERRITOS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **Derik Estuardo Alvarado Ayala**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2011.

/mgp



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 Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR MEDIO DE ORDENES DE TRABAJO EN EL ÁREA DE CENTRÍFUGAS Y ESTUDIO ECONÓMICO, EN EL INGENIO SANTA ANA UBICADO EN FINCA LOS CERRITOS, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA,** presentado por el estudiante universitario: **Derik Estuardo Alvarado Ayala,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, noviembre de 2011

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi guía y mostrarme el camino a seguir para alcanzar el éxito.
- Mis padres** Edén Ariel Alvarado Cabrera y Liliana Araceli de Alvarado. Por sus incansables esfuerzos para proveerme de amor y educación.
- Mi esposa e hija** Por ser la luz de mi vida, motivación y por su apoyo incondicional.
- Mis hermanos** Alejandro y Cecilia, por su apoyo.
- Mis familiares** Por su apoyo y comprensión.
- Mis amigos** Por los interminables momentos de apoyo incondicional y esfuerzos fructíferos.

AGRADECIMIENTOS A:

Ingenio Santa Ana	En especial al departamento de mantenimiento por contribuir en el desarrollo de este trabajo de investigación.
Ing. Jaime Batten	Por su apoyo y su colaboración.
Todos los catedráticos de la Facultad de Ingeniería	Que brindaron sus conocimientos en estos años de carrera y estudio.
Todas las personas que contribuyeron en el desarrollo de este trabajo de graduación	Gracias por su apoyo y contribuciones.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de obtener tantos conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
GLOSARIO	V
RESUMEN	IX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA Y LA INDUSTRIA AZUCARERA	1
1.1. Antecedentes históricos de la empresa	1
1.2. Productos y servicios	2
1.2.1. Mercado de exportación.....	2
1.2.1.1. Azúcar refinada tipo “A”.....	3
1.2.1.2. Azúcar cruda	3
1.2.2. Mercado interno	3
1.2.2.1. Azúcar blanca estándar.....	3
1.2.2.2. Azúcar refinada local.....	4
1.2.2.3. Azúcar superior	4
1.2.2.4. Azúcar morena.....	4
1.2.2.5. Melaza.....	4
1.2.2.6. Energía eléctrica	5
1.3. Situación de la agroindustria azucarera guatemalteca	5
1.4. Estructura organizacional	7
1.5. Misión y visión.....	8
1.5.1. Misión.....	8
1.5.2. Visión	8

1.6.	Ubicación.....	8
2.	MARCO TEÓRICO	11
2.1.	Conceptos generales.....	11
2.2.	Distintos tipos de mantenimiento existentes.....	13
2.2.1.	Mantenimiento correctivo.....	13
2.2.2.	Mantenimiento preventivo	14
2.2.3.	Mantenimiento predictivo	17
2.3.	Ventajas del mantenimiento aplicado a la industria azucarera	17
2.4.	Lubricación	18
2.4.1.	Fricción	19
2.4.2.	Finalidad de la lubricación	19
2.4.3.	Tipos de lubricación	20
2.4.4.	Lubricación hidrodinámica	20
2.4.5.	Lubricación elastohidrodinámica.....	21
2.4.6.	Lubricación de capa límite	21
2.4.7.	Lubricación de película sólida.....	22
2.5.	Base de datos.....	22
2.5.1.	Bases de datos relacionales	22
2.5.2.	Importancia del diseño estructurado de bases de datos.	23
2.5.3.	Componentes de las bases de datos.....	24
2.5.3.1.	Tablas.....	24
2.5.3.2.	Formularios.....	25
2.5.3.3.	Consultas.....	25
2.5.3.4.	Informes.....	25
2.5.4.	Estructura de la base de datos relacional	25
2.5.4.1.	Relación de uno a uno.....	26
2.5.4.2.	Relación de uno a varios	27
2.5.4.3.	Relación de varios a varios.....	27

2.5.5.	Diagrama de relaciones	27
2.5.6.	Ventajas de aplicación en el manejo de información	29
3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	31
3.1.	Análisis del departamento de mantenimiento	31
3.1.1.	Estructura del departamento de mantenimiento.....	31
3.1.1.1.	Organigrama	32
3.1.1.2.	Capacidad instalada de recurso humano.....	33
3.1.1.3.	Definiciones de puestos	34
3.1.1.3.1.	Tareas de los puestos	36
3.2.	Análisis del proceso actual de mantenimiento	39
3.2.1.	Programación actual del mantenimiento	40
3.2.1.1.	Maquinaria y equipo.....	43
3.2.1.1.1.	Centrífugas continuas	44
3.2.1.1.2.	Centrífugas por lote.....	46
3.2.1.2.	Tiempos estimados	49
3.2.1.3.	Costeo.....	51
3.2.2.	Diagrama de flujo actual del proceso de mantenimiento.	52
4.	DISEÑO Y PREPARACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO	55
4.1.	Inventario y codificación de las unidades de mantenimiento	61
4.2.	Inventario y codificación de las tareas de mantenimiento.....	64
4.3.	Determinación de las actividades necesarias para realizar mantenimiento a cada unidad y obtención de tiempos estimados	65
4.4.	Descripción de los formularios de ordenes de trabajo	74
4.4.1.	Formularios de operarios	76
4.4.1.1.	Formulario de mantenimiento	76
4.4.1.2.	Formulario de desmontajes y montajes	80

4.4.1.3.	Formulario de válvulas y calentadores	80
4.4.1.4.	Formulario de CCM's.....	83
4.5.	Determinación de los índices de medición a utilizar	85
4.6.	Costeo por medio de ordenes de trabajo	90
4.6.1.	Aplicación de los elementos del costo a la orden de trabajo.....	90
4.6.1.1.	Materiales	90
4.6.1.2.	Mano de obra	91
4.6.1.3.	Costos indirectos	91
4.7.	Base de datos para el manejo de la información.....	93
4.8.	Importancia de una base de datos para el manejo de información.....	94
4.9.	Estructura de la base de datos aplicada al sistema de mantenimiento	94
4.10.	Retroalimentación y mantenimiento de la información	97
5.	EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO	99
5.1.	Análisis de costos por paradas en el ingenio.....	99
5.1.1.	Determinación del costo por hora parada del ingenio.....	99
5.2.	Análisis de los costos del proyecto.....	100
5.3.	Recuperación de la inversión	102
5.4.	Tasa interna de retorno	103
5.5.	Retorno sobre la inversión.....	106
5.6.	Beneficio – costo	106
5.7.	Análisis del resultado.....	107
	CONCLUSIONES.....	109
	RECOMENDACIONES	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama funcional grupo corporativo Santa Ana.....	7
2.	Mapa de ubicación Ingenio Santa Ana	9
3.	Gráfico de relación mantenimiento preventivo costo	16
4.	Diagrama de relaciones.....	28
5.	Organigrama funcional de división industrial Ingenio Santa Ana.....	32
6.	Organigrama de relaciones departamento de centrífugas.....	35
7.	Orden de trabajo actual departamento de mantenimiento.....	41
8.	Herramienta utilizada para realizar la programación del mantenimiento ..	42
9.	Centrífugas continuas.....	45
10.	Centrífugas por lote	48
11.	Diagrama de flujo actual proceso de mantenimiento.....	54
12.	Organigrama funcional propuesto de división industrial	56
13.	Diagrama de flujo propuesto proceso de mantenimiento	59
14.	Distribución observada de tiempos de ejecución de mantenimiento	73
15.	Formulario de ordenes de trabajo de mantenimiento para supervisión de tareas	78
16.	Formulario de ordenes de trabajo de mantenimiento para ejecución de tareas	81
17.	Formulario de desmontajes y montajes.....	82
18.	Formulario de válvulas y calentadores	83
19.	Formulario de CCM's.....	84
20.	Presentación de base de datos relacional, utilizada en el sistema de mantenimiento.....	93

21.	Diagrama de relaciones, base de datos del sistema de mantenimiento.....	96
22.	Diagrama de flujo de efectivo del proyecto	105

TABLAS

I.	Tareas de mantenimiento mecánico, descripción y tiempos estimados de ejecución	50
II.	Tareas de mantenimiento eléctrico, descripción y tiempos estimados de ejecución	51
III.	Código único de familia para equipos existentes área centrífugas	62
IV.	Inventario y codificación de unidades de mantenimiento en el departamento de centrífugas	63
V.	Codificación de tareas de mantenimiento para máquinas centrífugas..	66
VI.	Actividades del mantenimiento mecánico general de centrífugas automáticas y tiempos estimados promedio de ejecución	68
VII.	Actividades del mantenimiento mecánico general de centrífugas continuas y tiempos estimados de ejecución.....	69
VIII.	Actividades del mantenimiento mecánico de entelaje de centrífugas y tiempos estimados de ejecución.....	70
IX.	Actividades del mantenimiento mecánico del sistema de lubricación y tiempos estimados de ejecución.....	70
X.	Actividades del mantenimiento eléctrico general de centrífugas y tiempos estimados de ejecución.....	71
XI.	Actividades del mantenimiento eléctrico de motores de centrífugas y tiempos estimados de ejecución.....	72
XII.	Descripción y codificación de paros de trabajo.....	75
XIII.	Tiempo total ejecutado departamento de centrífugas	86
XIV.	Porcentaje de cumplimiento por tarea	87

XV.	Índice de tiempo improductivo por tarea, departamento de centrífugas	88
XVI.	Costos obtenido por medio de ordenes de trabajo.....	92
XVII.	Cálculo de costos por hora de paro de ingenio	100
XVIII.	Gastos de implementación del sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo	100
XIX.	Proyección de ahorro mensual debido a reducción del tiempo improductivo por demoras evitables.....	102
XX.	Costos y ahorros ponderados mensuales.....	102
XXI.	Flujo de caja incremental por implementación del proyecto.....	104

GLOSARIO

Aguas de imbibición	Agua a altas temperaturas que se añade a los molinos para extraer más azúcar.
Agua de dilución	Es el agua de imbibición que pasa a formar parte del jugo extraído por los molinos. También se emplea el término para diluir mieles y otros materiales en fábrica.
Cristalización	Proceso de concentración en los tachos de la meladura, miel, licor, jarabe, que al obtenerse la sobresaturación adecuada de acuerdo a la pureza, se le añade una suspensión de polvillo de azúcar que hacen crecer granos, obteniéndose cristales mayores al depositarse la sacarosa en los cristales del polvillo.
Cachaza	Sedimento extraído generalmente por bombas o por gravedad de las bandejas de los clarificadores, para ser procesados en los filtros. También, indebidamente, se utiliza como sinónimo de torta de cachaza o torta de filtros.
Cogeneración eléctrica	Producción de energía eléctrica, generada por calderas de bunker y el bagazo de la caña de azúcar.

Guarapo	Jugo de caña de azúcar.
Porcentaje de Pol	Propiedad que mide el grado de partículas suspendidas en el azúcar.
Masa A o de primera	Masa elaborada en los tachos con magma B o de segunda o magma C o de tercera y meladura al centrífugarse produce azúcar A o de primera y miel A o de primera.
Masa B o de segunda	Masa elaborada para producir azúcar comercial con magma C o B, meladura y miel A. También masa elaborada en magma C y miel A o cristalización de meladura y miel A. Al centrífugarse produce azúcar C o de segunda.
Masa C o de tercera	Masa elaborada en miel A y miel B que se enfría en cristalizadores. Al ser centrífugada produce miel final C de tercera o melaza como subproducto y azúcar C o de tercera que se usa para magma C, ligándola con agua y jugo claro.
Meladura	Jugo clarificado concentrado en los evaporadores a un brix de 60° aproximadamente. La meladura se bombea a los tachos donde se cristaliza.

Miel	Licor madre, separado por centrifugación la masa cocida. Puede ser miel A o de primera, B o de segunda y tercera o final dependiendo de la masa cocida de la cual proviene.
Miel virgen	Meladura concentrada a 75° brix, usada en las destilerías.
Tasa de inflación	Crecimiento continuo y generalizado de los precios de los bienes y servicios, y factores productivos de una economía a lo largo del tiempo, con inherente disminución del poder adquisitivo del dinero.

RESUMEN

Para las industrias azucareras guatemaltecas, es muy importante la calidad de los mantenimientos realizados durante su época de reparación, ya que de esta calidad depende el desempeño de la fábrica en época de zafra.

El siguiente trabajo de investigación, presenta el diseño de un sistema de mantenimiento preventivo por medio de ordenes de trabajo, que por medio de la recopilación de datos de información, espera mejorar considerablemente la calidad de las tareas de mantenimiento, la cantidad de tiempo improductivo en la ejecución de las actividades, mejorar el orden en la programación y asignación de las tareas.

El primer capítulo define los aspectos generales de la empresa y la situación de la industria azucarera en nuestro país. El capítulo dos muestra los conceptos básicos generales de mantenimiento necesarios para la comprensión del sistema a desarrollar. En el capítulo tres se realiza un análisis de la situación actual del departamento de mantenimiento, que ayuda a comprender cuales pueden ser las áreas críticas a mejorar en el diseño del sistema de mantenimiento.

El cuarto capítulo establece la estructura del sistema de mantenimiento preventivo por medio de ordenes de trabajo, la información producida por el sistema y las herramientas utilizadas para su funcionamiento. El quinto y último capítulo analiza la factibilidad de implementar el proyecto incluyendo varias técnicas de evaluación y análisis de los resultados.

OBJETIVOS

Generales

Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo por medio de ordenes de trabajo, que ayude a mejorar la calidad de los trabajos de mantenimiento, identificar las fuentes de tiempo improductivo en ejecución de tareas de mantenimiento y proporcione índices de medición que provean información suficiente para crear estrategias de mejora del sistema.

Específicos

1. Diseñar ordenes de trabajo, como estructura básica del sistema de mantenimiento, que provean información sobre las actividades a realizar en cada trabajo y el tiempo estimado promedio de ejecución.
2. Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo, que ayude a identificar y minimizar las fuentes de tiempo improductivo en la ejecución de las tareas de mantenimiento.
3. Proveer al sistema de mantenimiento con una herramienta que ayude a cuantificar y minimizar los costos de ejecución de las tareas de mantenimiento.
4. Evaluar la factibilidad económica de la implementación del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Debido a las tendencias competitivas mundiales, se hace necesaria la búsqueda de soluciones que ayuden a mejorar la eficiencia y productividad de las organizaciones.

El sistema de mantenimiento preventivo por medio de ordenes de trabajo, representa una potente herramienta como elemento de control y análisis de información en la ejecución de tareas de mantenimiento. Monitorea la calidad de los mantenimientos y la productividad de las actividades para lograr mayores índices de confiabilidad de los equipos.

En todo sistema es muy necesario analizar información para identificar causas asignables a fuentes de improductividad, o variables que estén causando deficiencias, para así poder emprender acciones correctivas.

El sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo, recopila toda la información necesaria para el cálculo de índices de calidad y ejecución de mantenimiento, base para el análisis de la información que ayude en la toma de decisiones y creación de estrategias de mejora del departamento. Al mismo tiempo aumenta la supervisión y el control de los trabajos disminuyendo las fuentes de tiempo improductivo.

Las ordenes de trabajo actúan como un elemento del proceso de programación del mantenimiento preventivo, ya que proveen de orden al sistema. Una de las premisas del sistema de mantenimiento por medio de ordenes de trabajo es: seguir un ordenamiento lógico en base a la

programación realizada por gerencias y jefes de departamento. Es decir que por medio de las ordenes de trabajo se comunica a los operarios qué se debe hacer.

En el presente trabajo de graduación se desarrolla la estructura básica para la creación del sistema de mantenimiento, incluyendo desde el inventario de maquinaria, creación de formatos de orden de trabajo y creación de herramientas para el manejo de la información recopilada por el sistema. Se analiza desde el punto de vista económico la factibilidad de implementación del sistema.

Se prevé como beneficio, el aumento de la calidad de los trabajos de mantenimiento, la reducción del tiempo improductivo por demoras evitables y el mejoramiento en el control y supervisión de los trabajos de mantenimiento.

1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA Y LA INDUSTRIA AZUCARERA

1.1. Antecedentes históricos de la empresa

En 1968 se adquirió parte del equipo utilizado en ingenios de Puerto Rico, iniciándose así la construcción de Ingenio Santa Ana, en la finca Cerritos a 220 metros sobre el nivel del mar.

La primera zafra de prueba se hizo en 1969/70 moliéndose 154 973,75 toneladas de caña, produciendo 239 525 quintales de azúcar en 136 días. La capacidad instalada en esos días era de 3 500 ton/día.

En 1983, se molía ya a razón de 7 500 ton/día. A partir de esa fecha, se iniciaron varios proyectos encaminados a mejorar la capacidad de molienda y la eficiencia. Después de una gran renovación de equipo en las distintas áreas del ingenio, para 1984 se superó el millón de quintales de azúcar envasada con 500 000 toneladas de caña molida.

En 1991 se inició el montaje de la refinación, que comenzó a operar el 2 de febrero de 1993 con capacidad de 500 toneladas de azúcar por día. Está diseñada para elaborar refina de alta calidad, partiendo de azúcar blanca sulfatada. Cuenta con 3 tachos, 7 filtros, 6 centrifugas automáticas, una secadora y una enfriadora. Para la zafra 1994/95 la refinación produjo 750 toneladas de azúcar por día y se instaló un clarificador de azúcar disuelta, para poder trabajar con azúcares afinadas.

En lo referente a cogeneración, el Ingenio Santa Ana produjo su propia energía eléctrica desde el comienzo de sus operaciones. En efecto, desde 1969 contó con 3 generadores con una potencia instalada de 3 500 kw. Para la zafra 1982/83, debido a fallas en el sistema hidroeléctrico nacional, la Empresa Eléctrica de Guatemala comenzó a buscar fuentes alternas de energía y requirió al Ingenio Santa Ana el excedente de su producción. Así pues, durante la zafra de 1983/84 se inició la cogeneración, entregando a la Empresa Eléctrica de Guatemala una potencia de 800 kw. La experiencia fue positiva y evidenció que el proyecto era viable.

En 1990, se adquirió un generador de 7 500 kw. y en 1991 se inició la construcción de la subestación de 69 kv. que entró en servicio el 28 de enero de 1993. Actualmente se cuenta con una capacidad instalada de 53 MW.

1.2. Productos y servicios

Como todo ingenio guatemalteco, Santa Ana tiene dos mercados hacia los cuales proporciona productos distintos.

1.2.1. Mercado de exportación

El mercado internacional de azúcar es muy competitivo, debido a que casi todos los países cuentan con producción local a base de remolacha o caña de azúcar, para competir en estos mercados se debe ofrecer productos de alta calidad para satisfacer las necesidades de los clientes. En Guatemala el 70% de la producción es destinada al mercado de exportación.

1.2.1.1. Azúcar refinada tipo “A”

Es el azúcar de mayor calidad, altamente pura. Es decir entre 99,8% y 99,9% de sacarosa. En el proceso de producción a este tipo de azúcar se le aplican reactivos como fosfatos, carbonatos y cal para extraer la mayor cantidad de impurezas, hasta lograr la máxima pureza. Sus especificaciones técnicas son: Color 0- 45 Grados ICUMSA (constituye el factor más importante para este tipo de azúcar). Pol 99,85 por ciento mínima y humedad 0.04 por ciento.

1.2.2.1. Azúcar cruda

Durante el proceso de producción este tipo de azúcar no se somete a refinación, sólo cristalizado y centrifugado. Este tipo de edulcorante debe su color a una película de melaza que envuelve el cristal. Normalmente tiene una Pol mínima de 97,9 por ciento.

1.2.2. Mercado interno

El 30% de la producción nacional del edulcorante se destina al mercado local, siendo el azúcar blanca, refina, superior y morena, las que tienen mayor demanda a nivel nacional.

1.2.2.1. Azúcar blanca estándar (o sulfitada)

Es el azúcar de mayor venta para consumo local. Sus características son Pol 99,4 – 99,6 por ciento, color 180-400, humedad 0,20 por ciento, y tamaño de grano de 0,3 a 0,5 mm. Contiene Vitamina A en una concentración de 12 a 20 ppm. En Santa Ana este tipo de azúcar se envasa bajo la marca Caña Real.

1.2.2.2. Azúcar refina local

Es azúcar con 0-80 grados ICUMSA, Pol 99,6 – 99,8 por ciento, humedad 0,04 por ciento. Este tipo de azúcar al igual que la anterior también está vitaminada. En Santa Ana se empaca bajo la marca Nevada.

1.2.2.3. Azúcar superior

Muy similar a la azúcar refina local, puede poseer menos contenido de sacarosa, ya que es un azúcar con 99,6-99,79 por ciento de Pol, humedad 0,10 por ciento, color 80-200 ICUMSA y tiene un tamaño de grano de 0,1 a 0,3 mm. Este tipo de azúcar es de calidad superior a la azúcar blanca, es producida como azúcar de mesa de mejor calidad con tamaños de cristal más finos.

1.2.2.4. Azúcar morena

El azúcar morena se obtiene mediante un proceso diseñado para retener las melazas dentro de los cristales de azúcar, conservando de este modo los minerales y el resto de elementos nutritivos. Es un azúcar con 98-99,4 Pol. 0,40% Humedad y color 400-800.

1.2.2.5. Melaza

Se le denomina así a la miel final que se obtiene en el último agotamiento en el ciclo de mazaras. Sus especificaciones técnicas son brix 85 por ciento y pureza entre 30 y 35. Constituye la materia prima para hacer alcohol y ron. Se usa también como alimento para ganado.

1.2.2.6. Energía eléctrica

La generación de energía eléctrica se realiza utilizando como combustible el bagazo de caña de azúcar. En época de zafra el ingenio tiene una capacidad de producción de 40 MW, de los cuales se venden al sistema nacional interconectado 32 MW. Dicha generación se efectúa a 69 kv. 60 Hz. trifásica y un factor de potencia de 0,85.

1.3. Situación de la agroindustria azucarera guatemalteca

El azúcar es considerado uno de los productos tradicionales de exportación más importantes. Actualmente la agroindustria azucarera guatemalteca desempeña un papel fundamental en la economía nacional, al generar alrededor de 250 000 empleos directos.

En los años actuales, la producción azucarera de Guatemala ha tomado más importancia, debido a que en las cosechas recientes se han alcanzado niveles record de producción, ocupando en el último año el tercer lugar como exportador más grande de Latinoamérica y el Caribe. Ocupa el sexto lugar en importancia a nivel mundial, exportando a diversos destinos como Corea del Sur, Rusia y Estados Unidos.

Este hecho representa significativos beneficios económicos para el país, sobre todo por la generación de divisas y por el empleo que la industria azucarera provee.

La agroindustria azucarera de Guatemala esta constituida por 14 ingenios activos: Santa Ana, Concepción, Tululá, El Pilar, Pantaleón, Los

Tarros, San Diego, La Sonrisa, Guadalupe, Palo Gordo, Madre Tierra, Santa Teresa, La Unión, Magdalena y Trinidad.

Se estima una capacidad instalada de procesamiento de caña de todos los ingenios, del orden de 95 000 toneladas por día. El rendimiento promedio de 202 libras por tonelada de caña ha ido en aumento en los últimos años.

En las últimas cuatro décadas, el destino de la producción de azúcar guatemalteca ha cambiado. En 1960 el 90% de la cosecha se consumía en el mercado local, hoy en día el 65% de azúcar producida en el país se vende en el exterior. De esta forma el endulzante pasó a ser un producto de exportación tradicional que genera más de US\$238 millones al año, lo que equivale a unos Q1 832 millones anuales.

Debido a los cambios en el mercado nacional e internacional, la diversificación de productos se hace necesaria para la sobrevivencia de cualquier industria, por ello los azucareros guatemaltecos, al igual que otros productores mundiales de azúcar, apuestan a la diversificación de subproductos derivados del cultivo de la caña de azúcar.

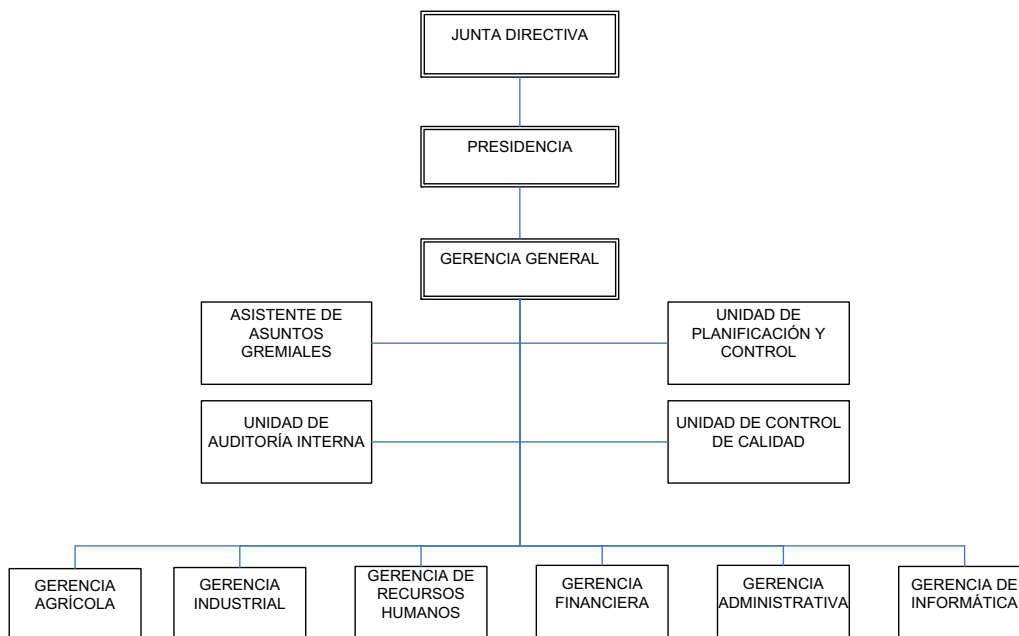
Entre los usos que los productores dan a la caña de azúcar, aparte de la producción del endulzante, se encuentra la extracción de melaza, la generación de energía eléctrica por medio del bagazo de la caña, y más recientemente, la producción de alcohol carburante más conocido como etanol, que tiene amplio mercado en Estados Unidos.

El incremento de las exportaciones de la agroindustria ha colocado al azúcar como el segundo renglón más importante de la economía del país, en lo que a la generación de divisas se refiere.

1.4. Estructura organizacional

El Ingenio Santa Ana cuenta con una estructura organizacional de tipo funcional, promoviendo así la especialización de tareas, cumpliendo con el principio de unidad de mando y permitiendo que cada departamento se concentre en su área de especialización. Está dirigida por una junta directiva y se encuentra integrada en seis divisiones e incluye el Staff de la Gerencia General tal y como se detalla en el siguiente organigrama.

Figura 1. Organigrama funcional grupo corporativo Santa Ana



Fuente: Gerencia de recursos humanos, Ingenio Santa Ana.

1.5. Visión y misión

1.5.1. Misión

Somos un grupo corporativo visionario, comprometido con el progreso y bienestar de Guatemala, dedicado a producir eficientemente bienes y servicios de óptima calidad, derivados de la caña de azúcar, por medio del desarrollo de los recursos humanos y tecnológicos para satisfacer las necesidades de nuestros clientes nacionales e internacionales.

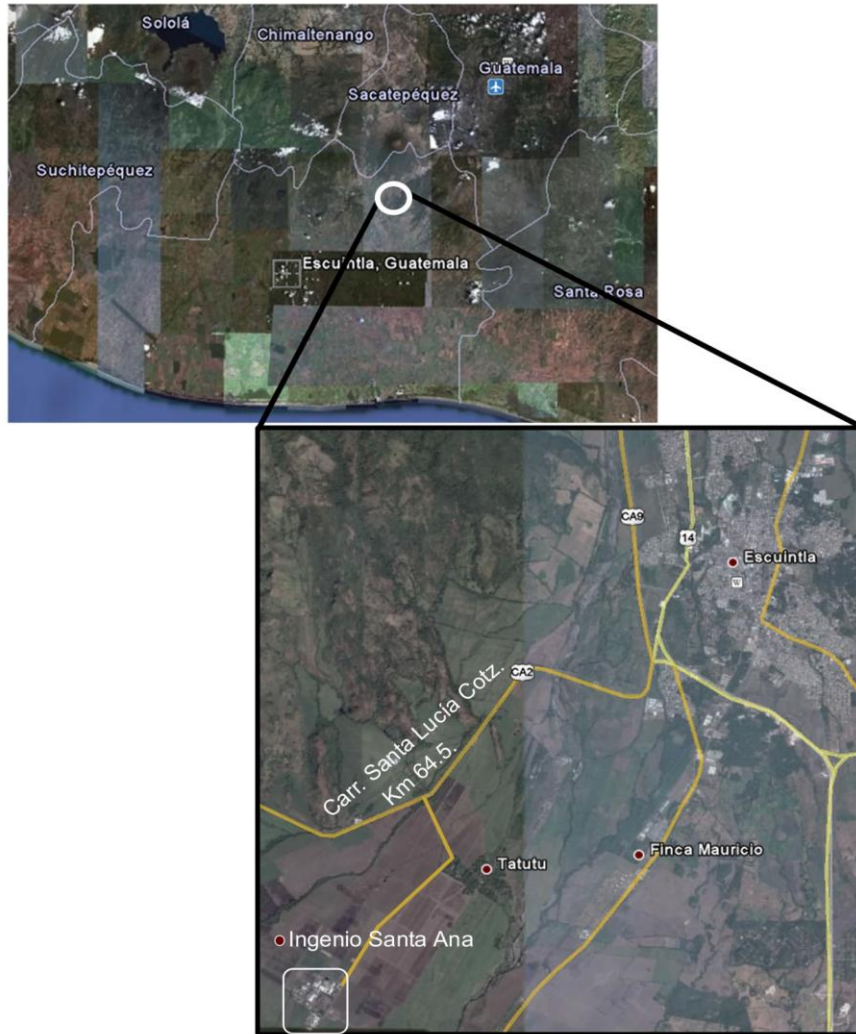
1.5.2. Visión

Ser el equipo líder por excelencia en la administración estratégica de la agroindustria azucarera, competitivo en el contexto empresarial que nos demanda el siglo XXI, a través de un alto grado de tecnificación en todas nuestras áreas y un equipo humano motivado, desarrollado y visionario que nos consolide como un grupo de clase mundial; superándonos permanentemente por medio del mejoramiento continuo, con participación activa a todo nivel, sirviendo de modelo a otras empresas de Guatemala y Centro América para proyectarse al mundo.

1.6. Ubicación

La compañía Agrícola Industrial Santa Ana S.A. (Ingenio Santa Ana), se localiza sobre el kilómetro 64,5 ruta a Santa Lucía Cotzumalguapa. Se ubica al sur de la ciudad de Escuintla, en terrenos de la finca Cerritos del municipio de Escuintla.

Figura 2. Mapa de ubicación, Ingenio Santa Ana



Fuente: Google Earth.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos generales

Desde la Edad Media, ya existía el concepto de la palabra mantenimiento, esta deriva del latín medieval *manutentione*; acción de agarrar con la mano; También existen otras definiciones:

- Acto o efecto de mantenerse.
- Las medidas necesarias para la conservación o permanencia de una cosa o situación.
- Los cuidados técnicos indispensables para el funcionamiento regular y permanente de motores y máquinas.

Se establece, que mantenimiento en general es conservar y garantizar el funcionamiento de algún objeto o situación. El objetivo del mantenimiento es la conservación, del servicio que están prestando los equipos. Por lo tanto se puede considerar que el mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar a fin de mantener el servicio para el cual cierto equipo fue diseñado. El mantenimiento se debe al hombre tal como se expresa en la siguiente oración: La naturaleza crea pero no mantiene, por lo tanto el mantener es un atributo del hombre.

Para que los trabajos de mantenimiento sean eficientes es necesario el control, la planeación del trabajo y la distribución correcta de la fuerza humana, logrando así que se reduzcan costos y tiempo de paro de los equipos de trabajo.

En cualquier caso el personal de mantenimiento será el responsable de la conservación de la maquinaria o el equipo, ya que su labor está enfocada a que no se pierda el servicio que presta éste. Es inadmisibles pensar que tiene prioridad alguna ampliación o reconstrucción del equipo, sobre las labores de mantenimiento, puesto que de las labores de mantenimiento se obtienen mayores beneficios.

No se trata solamente de mantener, conservar y prevenir fallas, aumentando la "Vida útil" de los equipos, sino que estos garanticen un retorno de las inversiones. Mantenimiento es también el conjunto de operaciones que tiene como objetivo, asegurar un máximo de eficiencia de los equipos, con la menor cantidad de paros empleados en la ejecución de reparaciones.

Para que el personal de mantenimiento obtenga un criterio sustentado en bases firmes, es necesario establecer políticas de empresa que determinen como actuar en los distintos casos presentados, pudiendo sistematizar el trabajo, obteniendo a la vez una simplificación y aumento del rendimiento.

Los trabajos de mantenimiento exigen calidad, y sobre todo la aplicación de un criterio económico profundo. Existen ocasiones en las cuales es necesario realizar reparaciones de emergencia, pero éstas deben ser de alta calidad, a fin de programar posteriormente una reparación completa, de otra manera quizás se afectaría demasiado el servicio de la unidad. Estas circunstancias deben ser supervisadas por una persona de mantenimiento que domine a la perfección estos conceptos.

2.2. Distintos tipos de mantenimiento existentes

De acuerdo a la naturaleza y objetivos que se pretende alcanzar, el mantenimiento se puede clasificar de la siguiente forma:

2.2.1. Mantenimiento correctivo

Es parecido al de avería, se diferencian en que el correctivo se encarga solamente de reparar el daño o sustituir la pieza que ocasionó el desperfecto por otro similar.

En tanto que el mantenimiento correctivo, se encarga no sólo de sustituir la pieza que ocasionó el desperfecto, sino además identifica las causas que originaron la falla en la pieza, evaluando si es necesario reemplazarla por otra que se ajuste mejor a las exigencias del ritmo de trabajo y condiciones de operación de la unidad. El mantenimiento correctivo y de avería son los que ocasionan los mayores costos de operación dentro de una empresa.

Las fallas en la maquinaria y equipo se originan por cualquiera de las siguientes fuentes: la máquina o el equipo mismo, el ambiente circundante, el personal que la interviene. Con relación a la máquina o el equipo mismo, depende de las propiedades mecánicas, químicas, eléctricas y electrónicas de sus partes; la calidad de los materiales empleados en ellas, la calidad misma de la marca y el fabricante de la unidad.

El ambiente circundante se toma como una fuente de fallas cuando éste es agresivo a la máquina, para alargar la vida de la misma es necesario construir un ambiente adecuado a ésta, a fin de reducir las fallas por esta fuente. El personal que la interviene se comporta como una fuente de fallas

cuando sus habilidades manuales o de pensamiento lógico son de baja calidad, influyendo también el desconocimiento del equipo a asistir, por lo que la mano de obra de mantenimiento y operación del equipo, debe ser cuidadosamente seleccionada de acuerdo a cantidad y calidad.

El mantenimiento correctivo puede agruparse en dos clases:

- Mantenimiento Rutinario
- Mantenimiento correctivo de emergencia

El mantenimiento rutinario: es la corrección de fallas que no afectan mucho a los sistemas.

El mantenimiento correctivo de emergencia: se origina por las fallas de equipo, instalaciones, edificios, etc., que requieren ser corregidos en plazo breve.

En el medio latinoamericano institucional, empresarial e industrial prevalece el tipo de mantenimiento correctivo de emergencia.

2.2.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se define como el conjunto de acciones y medios para evitar cualquier falla y avería en la maquinaria y equipo cuando estos estén en operación debido a su uso prolongado. Puede delimitarse como la conservación planeada de las máquinas.

Su función es conocer sistemáticamente el estado de máquinas e instalaciones, para programar en los momentos más oportunos y de menos

impacto en la producción, las acciones que tratarán de eliminar las averías que originan las interrupciones, teniendo como finalidad impedir que se presenten averías y reducirlas al mínimo, tomando para ello el tiempo necesario para la inspección de la maquinaria, el cambio de repuestos y la aplicación correcta y constante de lubricantes.

El mantenimiento preventivo consiste básicamente en la serie de trabajos a desarrollar en la maquinaria y equipo, para evitar interrupciones en el servicio que proporciona. Estos trabajos, generalmente son tomados de manuales de fabricantes, ya que estos dan los puntos de las unidades a los cuales hay que presentarles mayor atención. En ocasiones las recomendaciones del fabricante se modifican con el objeto de establecer un sistema adecuado a las necesidades locales, tomando en cuenta los puntos de vista que hacen los técnicos de mantenimiento en cada especialidad.

La base del mantenimiento preventivo consiste en establecer una serie de controles que permitan detectar, cuando la maquinaria está dando el rendimiento deseado, sin que ésta sobrepase los límites calculados de tolerancia de trabajo, previamente establecidos por el fabricante.

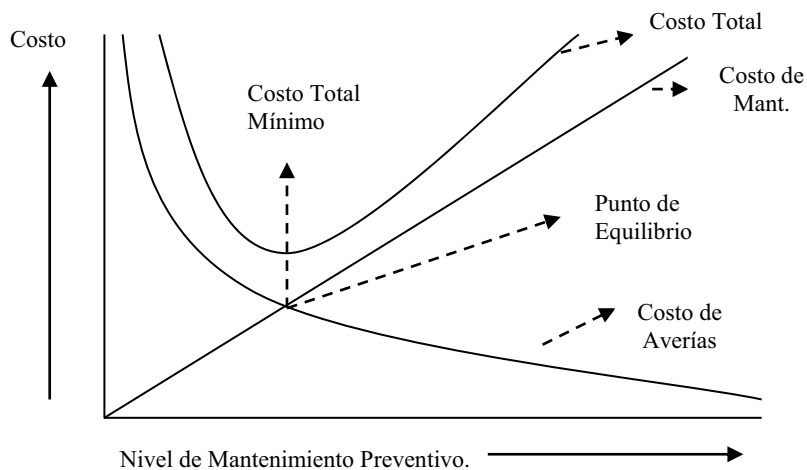
Una de las principales herramientas del mantenimiento preventivo son los programas, los cuales representan una serie de rutinas bien definidas y establecidas, pudiendo con ellos reducir considerablemente los costos de averías no programadas.

Sus funciones principales son: efectuar constantes pruebas y verificaciones de la maquinaria desde el punto de vista del operador; efectuar excepcionalmente pruebas y verificaciones sobre alguna parte de la maquinaria cuando existan sospechas de falla; efectuar excepcionalmente pruebas y

verificaciones sobre alguna parte de la maquinaria cuando existan sospechas de falla; efectuar excepcionalmente pruebas y verificaciones sobre el comportamiento de la maquinaria, para comprobar que está trabajando aun en situaciones de tolerancia.

En la tentativa de reducir las averías, la extensión de las operaciones de mantenimiento preventivo puede llegar a tal punto que su costo exceda al de las averías. Incumbe al ingeniero encargado de mantenimiento preventivo, determinar el punto de equilibrio entre costos de averías y mantenimiento preventivo. Esta relación se reproduce en la figura siguiente:

Figura 3. **Gráfico de relación mantenimiento preventivo – costo**



Fuente: Norman Gaither. *Production and Operations Managment*. p. 599

Obsérvese que si bien se puede agregar o suprimir mantenimiento preventivo, de lo cual resulta una curva de costo de mantenimiento aproximadamente lineal, al aumentar los costos de mantenimiento preventivo, la

magnitud de la reducción de costos por avería disminuye rápidamente y su curva es asintótica a la de mantenimiento preventivo.

2.2.3. Mantenimiento predictivo

Este mantenimiento se maneja bajo la filosofía de entrar en acción antes de que se presente falla alguna en la maquinaria y equipo, con la diferencia en relación al mantenimiento preventivo, que se detecta la falla, se monitorea la progresión de la misma, estableciéndose las reparaciones necesarias en ella en un tiempo menor al especificado en las rutas de mantenimiento preventivo, antes aún de que ocurra un paro total del equipo analizado.

2.3. Ventajas del mantenimiento aplicado a la industria azucarera

Si se toma en cuenta lo oneroso que resultan los paros no programados de la maquinaria, teniendo como consecuencia reducción en su tiempo productivo. Al implementar un programa de mantenimiento, la jefatura de operaciones puede obtener una reducción de los costos de operación, al minimizar las reparaciones no programadas.

El mantenimiento brindado a la maquinaria afectara grandemente su vida económica, pues al no existir una mentalidad de mantenimiento adecuada a las necesidades, limitaciones, alcances y prioridades de la maquinaria, se ocasionará un alza en su costo de operación, aumentando el consumo de repuestos y mano de obra, reduciendo la disponibilidad de maquinaria. Al no brindarle el mantenimiento adecuado en su respectivo intervalo de tiempo, sus componentes sufrirán un desgaste más acelerado del normal, reduciendo como consecuencia la vida útil especificada por el fabricante.

Es importante mencionar que de un buen mantenimiento durante la época de reparación de un ingenio, depende el rendimiento de la zafra y calidad de la azúcar. Si existe una correcta planeación del mantenimiento preventivo, se puede eliminar la mayoría de los tiempos muertos por paros no programados, esto logra aumentar la productividad total de la división y la calidad del azúcar.

La calidad del mantenimiento tiene una relación directa con la calidad del producto final, entonces al realizar un mantenimiento preventivo eficiente se logra minimizar costos, eliminar tiempos improductivos, aumentar el tiempo de vida útil de la maquinaria y mejorar la calidad del azúcar.

2.4. Lubricación

Los conceptos de lubricación no son nuevos ni tampoco tan complicados. Se puede decir que lubricación es el principio de reducir o modificar la fricción por medio de un lubricante entre dos superficies en contacto con movimiento relativo.

El lubricante, por lo general es un fluido aunque, también, puede ser un sólido o un gas y, en su defecto, puede ser una sustancia plástica. Se conoce por lubricación al principio de soportar una carga deslizante sobre una película reductora de fricción. El medio o sustancia de la que está compuesta esta película es un lubricante y al aplicar el mismo es a lo que se le llama lubricación.

2.4.1. Fricción

Fricción es la resistencia al movimiento entre dos superficies cualesquiera en contacto directo. Desde los primeros tiempos el hombre conoció la fricción. Para hacer fuego, frotaba dos palos secos aprovechando el calor producido por la fricción.

2.4.2. Finalidad de la lubricación

La finalidad de la lubricación es el desplazamiento mutuamente relativo de dos superficies en la presencia de un lubricante, lo cual origina la formación de una película de lubricante que aísla las dos superficies entre si.

Actualmente, la maquinaria moderna se ha vuelto mucho más complicada y las demandas impuestas a los lubricantes se han vuelto, proporcionalmente, más exigentes.

La lubricación moderna se ha convertido en un estudio complejo. Aún cuando su principio básico de prevención de contacto de metal a metal por medio de una capa intermedia de material fluido, sigue prevaleciendo, todos los líquidos, en cierto modo, proveen lubricación aunque algunos lo hacen mejor que otros.

La diferencia entre un material lubricante y otro es, con frecuencia la diferencia entre el éxito o fracaso con que se opera una máquina. Cuando la lubricación es eficaz, ambas superficies no llegan a tocarse y sus numerosas irregularidades no llegan a originar fricción, calor ni desgaste.

La fricción nunca puede ser anulada por completo, pues el lubricante está expuesto a una resistencia o fricción interna, la cual se denomina arrastre. Si el lubricante posee propiedades adecuadas, en condiciones normales de carga, se prevendrá el contacto metal a metal y la única resistencia que habrá que vencer es el flujo del lubricante que es mucho menor.

2.4.3. Tipos de lubricación

Los fabricantes de equipo se enfrentan siempre con un problema, controlar y minimizar los efectos de la fricción. Para esto se sabe que si se introduce un fluido o una especie de película fluida, la fricción disminuye considerablemente.

Entre las formas de lubricación más utilizadas para disminuir la fricción encontramos las siguientes:

- Lubricación Hidrodinámica
- Lubricación Hidrostática
- Lubricación Elastohidrodinámica
- Lubricación de Capa Límite
- Lubricación de Película Sólida

2.4.4. Lubricación hidrodinámica

En este tipo de lubricación las superficies de carga de estado son separadas por una capa de sustancia lubricante, la cual separa, completamente ambas superficies, de manera que se impide el contacto directo de metal a metal.

Esta lubricación no depende de la introducción del lubricante a presión, aunque ello puede ocurrir, pero si se requiere un suministro adecuado en todo momento. La presión en la capa de lubricante y la crea la propia superficie en movimiento al arrastrar el material hacia una zona cuneiforme o en la forma de cuña, a una velocidad suficientemente elevada que origine la presión necesaria para separar las superficies en contacto. En este tipo de lubricación es bajo el desgaste y la fricción.

Este tipo de lubricación se da para bajas cargas y altas velocidades, es decir, donde hay presiones o cargas extremas, el lubricante es desplazado y existe contacto de metal a metal. También, puede causar pérdida de lubricación la baja viscosidad del aceite que se utiliza, la baja velocidad y el funcionamiento.

2.4.5. Lubricación elastohidrodinámica

Es el fenómeno que se presenta cuando se introduce un lubricante entre las superficies que están en contacto rodante, como engranajes y rodamientos.

2.4.6. Lubricación de capa límite

En este tipo de lubricación no se desarrolla una película fluida que soporte la carga. Usualmente, es donde ocurre alto desgaste y fricción. Es aconsejable para altas cargas y bajas velocidades.

2.4.7. Lubricación de película sólida

Se presenta en la lubricación de cojinetes simples o deslizantes que operen a temperaturas extremas. Usualmente el tipo de lubricante que se utiliza para estas aplicaciones contiene aditivos especiales.

2.5. Base de datos

Base de datos es un conjunto exhaustivo no redundante de datos estructurados, organizados independientemente de su utilización, su implementación en máquinas accesibles en tiempo real y compatibles con usuarios concurrentes con necesidad de información diferente y no predicable en tiempo. Esta información es almacenada en memoria auxiliar y permite un acceso directo, la base de datos incluye también el conjunto de programas que manipulan esos datos.

2.5.1. Bases de datos relacionales

Una base de datos relacional es aquella en donde todos los datos visibles al usuario están organizados estrictamente como tablas de valores, y en donde todas las operaciones de la base de datos operan sobre estas tablas.

Estas bases de datos son percibidas por los usuarios como una colección de relaciones normalizadas de diversos grados que varían con el tiempo.

El modelo relacional representa un sistema de bases de datos en un nivel de abstracción un tanto alejado de los detalles de la máquina subyacente, de la misma manera como, por ejemplo, un lenguaje del tipo de PL/1 representa un sistema de programación con un nivel de abstracción un tanto alejado de los

detalles de la máquina subyacente. De hecho, el modelo relacional puede considerarse como un lenguaje de programación más bien abstracto, orientado de manera específica hacia las aplicaciones de bases de datos.

2.5.2. Importancia del diseño estructurado de bases de datos

El propósito de un sistema de bases de datos es la conversión de datos en información. Los datos son un conjunto de hechos primarios, la información se compone de esos mismos datos, pero organizados y presentados de tal manera que resulten de utilidad para la toma de decisiones.

El medio para la transformación de datos en información consiste en organizar esos datos de tal manera que sea posible una manipulación eficiente. En otras palabras al crear una estructura de bases de datos robusta, se facilita la transformación de datos en información.

Cuando se planea la estructura de una base de datos es muy importante tomar en cuenta la forma como se espera derivar la información, de una estructura sólida de la base de datos depende la facilidad de la extracción de la información y aumenta el rendimiento de la base de datos.

Es muy importante realizar una muy buena planeación de la estructura de la base de datos a utilizar, ya que de ello depende el buen funcionamiento de la base de datos. Una buena planeación de la estructura permite una relación lógica entre los datos, organiza el conjunto de datos optimizándolo para la selección y recuperación de datos en calidad de información, facilita la introducción de los datos, evita la redundancia de datos etc.

2.5.3. Componentes de las bases de datos

Todos los datos se almacenan en tablas o cuadrículas bidimensionales, las columnas de estas cuadrículas se llaman campos, las filas se llaman registros, las filas contienen los datos correspondientes a esos campos.

Los datos alojados en una base de datos se dividen en partes pequeñas pero lógicamente coherentes. Cada una de esas partes cuenta con su propia tabla, a la división de los datos en partes se le llama normalización.

Las bases de datos generalmente están compuestas por varios objetos tales como: Tablas (almacenamiento de datos), Formularios (presentación e ingreso de datos), Consultas e Informes (presentación de información).

A continuación se detallan los objetos que componen las bases de datos.

2.5.3.1. Tablas

Una tabla es el elemento fundamental de las bases de datos. Consiste en una colección de datos lógicamente ordenados sobre un tema específico, como por ejemplo inventarios, mantenimientos etc. Al usar una tabla independiente para cada tema, los datos se almacenan sólo una vez. Esto tiene como resultado una base de datos más eficaz y menos errores de entrada de datos.

Las tablas organizan los datos en columnas (denominadas campos) y filas (denominadas registros), cada campo de una tabla contiene el mismo tipo de información y cada uno de los registros contiene la información específica para cada tema.

2.5.3.2. Formularios

Es un objeto componente de las bases de datos, utilizado para facilitar el ingreso y salida de información a las mismas.

Los formularios generalmente son utilizados para presentar una interfaz más amigable al usuario, ya sea para el ingreso o para la presentación de los datos.

2.5.3.3. Consultas

Una consulta es la extracción de los datos necesarios para ser analizados y transformados en información. Esta extracción de datos se realiza en base a las relaciones lógicas existentes entre las diferentes tablas de datos.

2.5.3.4. Informes

Un informe es un formulario diseñado exclusivamente para la presentación de los datos ya sea en pantalla o impresa. Un formulario obtiene o almacena datos del origen de registros base.

2.5.4. Estructura de la base de datos relacional

En una base de datos la información es almacenada en tablas bidimensionales. Estas tablas deben tener una relación lógica con la información correspondiente almacenada en distintas tablas pertenecientes a la misma base de datos.

Para poder congrega los datos de varias tablas debe existir un vínculo que refiera a la información correspondiente en todas las tablas, a este vínculo se le llama relación. La relación en bases de datos se lleva a cabo por medio de campos que contengan datos idénticos en diferentes tablas, a estos campos se les conoce como clave externa.

La clave externa es el campo principal de una tabla que actúa como campo de vinculación de una tabla a otra. Esta clave debe ser única e irreplicable para cada registro en la tabla a la que pertenece.

Una relación hace coincidir los datos de los campos clave (normalmente un campo con el mismo nombre en ambas tablas). En la mayoría de los casos, estos campos coincidentes son la clave principal de una tabla, que proporciona un identificador único para cada registro, y una clave externa de la otra tabla.

Las relaciones existentes entre las distintas tablas de una base de datos pueden ser del tipo de uno a uno, uno a varios y varios a varios. Estos tipos de relaciones se detallan a continuación.

2.5.4.1. Relación de uno a uno

Una relación hace coincidir los campos clave de distintas tablas, para hacer referencia a la información correspondiente. La relación de uno a uno consiste en que cada registro de una tabla solo puede tener un dato coincidente en otra tabla, es decir existe una relación unitaria entre los datos.

2.5.4.2. Relación de uno a varios

La relación de uno a varios es el tipo de relación más común. En este tipo de relación, un registro de una tabla “Departamento” puede tener muchos registros coincidentes en una tabla “Equipo”, pero un registro de la tabla “Equipo” sólo tiene un registro coincidente en la tabla “Departamento”. Desde el punto de vista práctico, un departamento tiene varios equipos, pero cada uno de esos equipos está asignado solo a un departamento.

2.5.4.3. Relación de varios a varios

En una relación varios a varios, un registro de la tabla “Equipos” puede tener muchos registros coincidentes en la tabla “Tarea de mantenimiento”, y viceversa. Este tipo de relación sólo es posible si se define una tercera tabla “Mantenimiento” (denominada tabla de unión) cuya clave principal consta de dos campos: las claves externas de las tablas “Equipos” y “Tareas de mantenimiento”. Varias tareas de mantenimiento conforman un mantenimiento.

A un equipo se realizan varios mantenimientos, lo que demuestra que una relación de varios a varios no es sino dos relaciones de uno a varios con una tercera tabla.

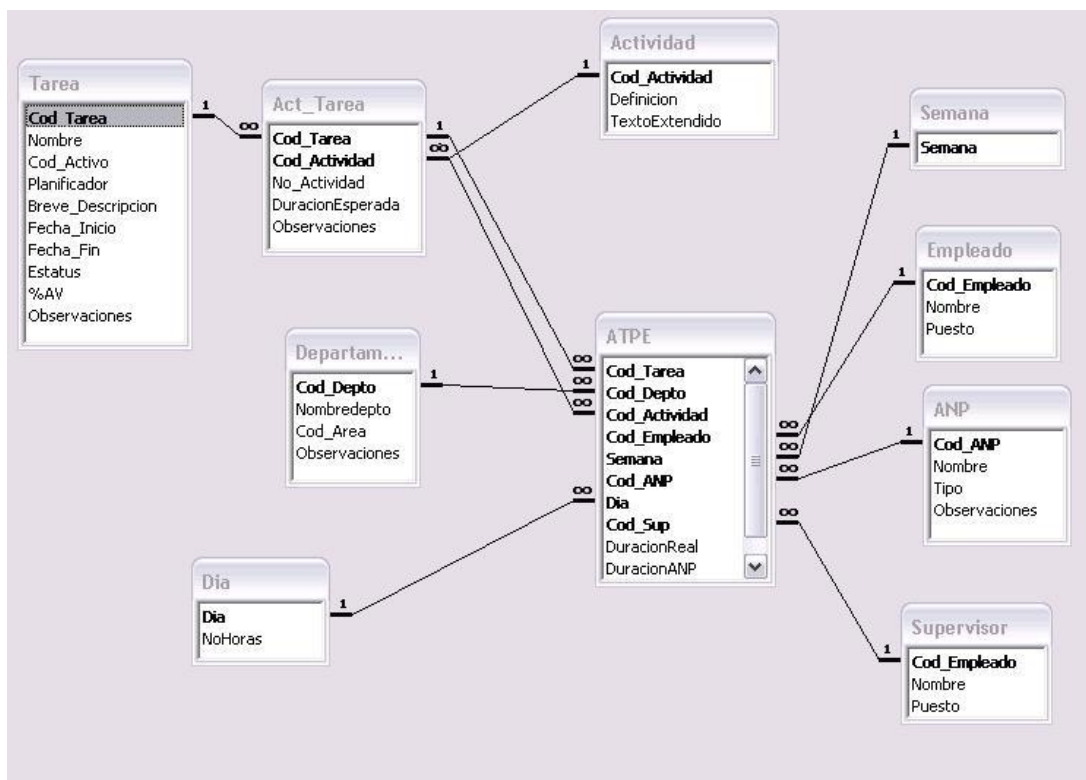
2.5.5. Diagrama de relaciones

El diagrama de relaciones consiste en una herramienta utilizada para visualizar gráficamente las relaciones existentes en las distintas entidades, propiedades y relaciones de una base de datos. Mediante el diagrama de relaciones el esquema conceptual abstracto puede ser mostrado gráficamente y mantener una independencia conceptual con respecto a la implementación propiamente dicha. En realidad, podemos hacer que los diagramas sean un

reflejo fiel de las relaciones, interrelaciones y atributos del modelo relacional de datos o podemos englobar diversas relaciones en una sola entidad o conjunto de propiedades.

Los diagramas de relaciones son parecidos a los diagramas de flujo (organigramas) clásicos en que utilizan rectángulos, rombos y óvalos, pero los significados de estos elementos son distintos.

Figura 4. Diagrama de relaciones



Fuente: elaboración propia.

2.5.6. Ventajas de aplicación en el manejo de información

Contar con la información adecuada, en el momento adecuado puede ser un factor determinante para la toma de decisiones en tiempo real. Es por tal motivo que el manejo de la información es una necesidad para aumentar la eficiencia y productividad en los sistemas administrativos de una organización.

La utilización de las bases de datos relacionales, derivadas de una planeación estructural exhaustiva, ayuda a mejorar la obtención de la información en el momento adecuado, mejorando así el desarrollo de los sistemas organizacionales, la toma de decisiones estratégicas, el control de las operaciones, minimización de costos etc.

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1. Análisis del departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento pertenece a la división industrial del ingenio, es la parte más importante para la reparación de la maquinaria que procesa la caña de azúcar, su función es optimizar la disponibilidad de los equipos, logrando condiciones normales de operación y funcionamiento, minimizando costos y recursos. Es el departamento que cuenta con el mayor número de personas como fuerza laboral operativa. Este departamento realiza la mayor parte de operaciones en la época de reparación que se da en los meses de marzo a octubre.

Este departamento es el responsable de ejecutar todas las operaciones para mantener los equipos en funcionamiento y evitar paradas en operación, ya que un paro en operación implica pérdidas millonarias, aun cuando sea por unos minutos.

3.1.1. Estructura del departamento de mantenimiento

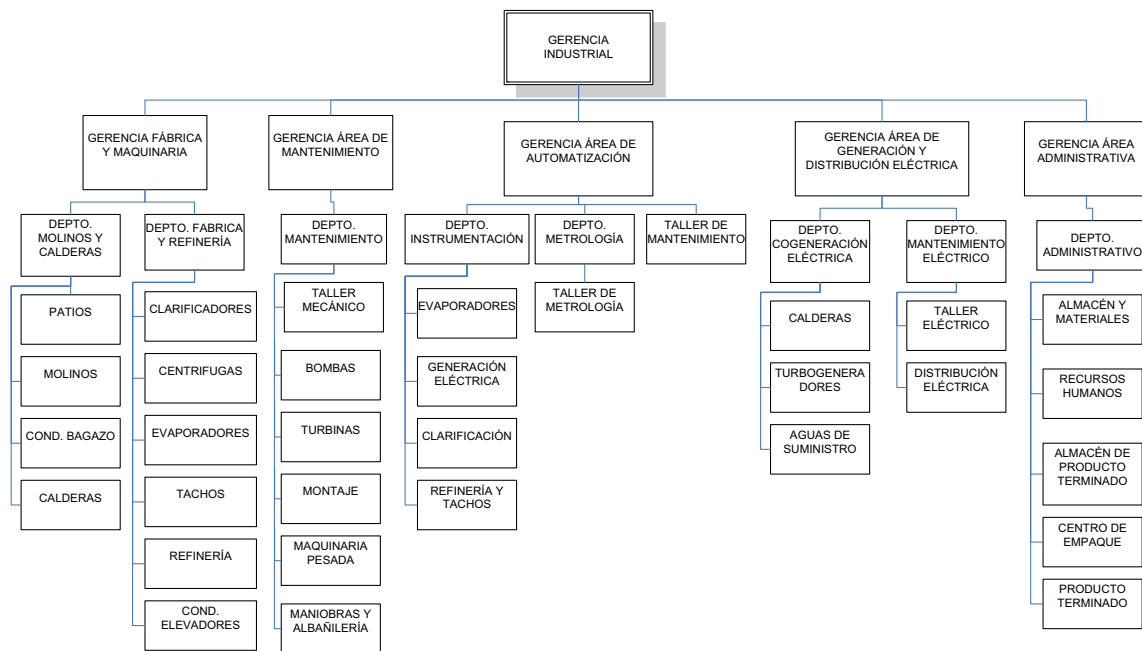
El departamento de mantenimiento depende directamente de la gerencia de División Industrial, este a su vez trabaja en conjunto con el departamento de Fábrica y Maquinaria.

El departamento está integrado por varias secciones entre las cuales se encuentran la sección de taller mecánico, bombas, turbinas, montaje de equipos, maquinaria pesada, maniobras y albañilería.

En época de reparación son asignadas varias personas pertenecientes al departamento de mantenimiento, a las distintas secciones del área de fábrica y maquinaria, esto con el fin de lograr la ejecución del mantenimiento en las distintas secciones del departamento.

3.1.1.1. Organigrama

Figura 5. Organigrama funcional de división industrial Ingenio Santa Ana



Fuente: Gerencia de Recursos Humanos, Ingenio Santa Ana.

Esta estructura organizacional es del tipo funcional, en el cual se aplican los principios de especialización de funciones por cada tarea. Las funciones son claramente comunicadas a todos los niveles de la estructura, y de esta

forma se proporciona el máximo de especialización a los diversos cargos o funciones, es más fácil la supervisión técnica de las actividades y se distinguen claramente las funciones de planeación y control, de las funciones de ejecución.

La estructura organizacional que ha adoptado el ingenio es la ideal para este tipo de industrias, sin embargo puede observarse que el departamento de mantenimiento se concibe como una unidad funcional separada de las demás líneas gerenciales, esta observación constituye una de las más importantes oportunidades de mejora en cuanto a la estructura organizacional, ya que el departamento de mantenimiento debe estar integrado en las funciones de planeación y control, con las demás unidades funcionales para lograr una coordinación óptima de las actividades planificadas, evitar traslapes de actividades, minimizar recursos y por ende costos.

Como resultado del análisis de la estructura organizacional, se considera necesaria la creación de un departamento de administración de mantenimiento a nivel gerencial, que integre y coordine los distintos planes de mantenimiento, para mejorar la interacción de las tareas en las distintas unidades funcionales existentes.

3.1.1.2. Capacidad instalada de recurso humano

El departamento de mantenimiento actualmente tiene una capacidad instalada de 55 personas que realizan las tareas de mantenimiento entre las cuales se encuentran mecánicos especializados, mecánicos de primera, mecánicos de segunda, soldadores especializados, soldadores de primera, albañiles de primera, caporales, ayudantes y peones.

En época de reparación son asignadas varias personas del departamento a las distintas secciones de fábrica y maquinaria, específicamente al departamento de centrífugas son asignadas 17 personas.

La fuerza laboral operativa de mantenimiento es considerada mano de obra capacitada, ya que cuenta con basta experiencia en su trabajo, y se capacitan por medio de los programas de capacitación y entrenamiento organizados por el ingenio.

3.1.1.3. Definiciones de puestos

La fuerza laboral que conforma el departamento de mantenimiento ejerce sus funciones según experiencia, conocimientos, habilidades y especialidad.

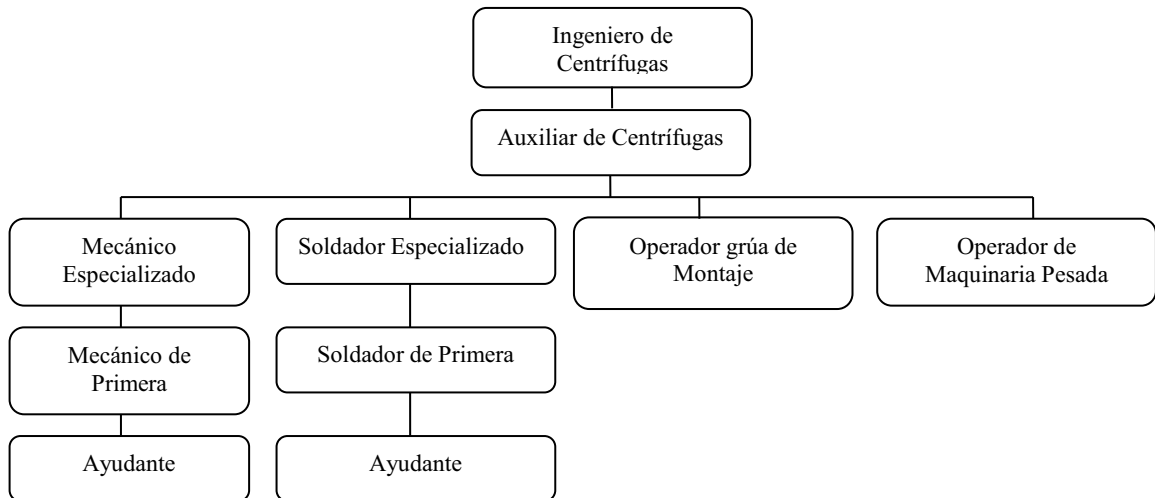
La definición de los puestos de trabajo en el departamento de centrífugas del ingenio, y las relaciones existentes entre los mismos, fue determinada utilizando los conceptos de análisis y descripción de puestos de trabajo y específicamente el método de entrevista directa y recopilación de información existente. Los puestos identificados son los siguientes:

- Ingeniero de Centrífugas
- Auxiliar de Centrífugas
- Mecánico Especializado
- Mecánico de Primera
- Ayudante de Mecánico
- Soldador Especializado
- Soldador de Primera
- Ayudante
- Operador de Grúa de Montaje

- Operador de Maquinaria Pesada

El siguiente organigrama explica de manera más sencilla la relación organizacional existente.

Figura 6. **Organigrama de relaciones departamento de centrífugas**



Fuente: Gerencia de recursos humanos, Ingenio Santa Ana.

El departamento presenta una estructura de tipo funcional, en la que se aprovechan las habilidades y especialización de cada puesto de trabajo. La estructura orgánica del departamento cumple con el principio básico de unidad de mando y es la adecuada para este tipo de departamentos, siempre que se asegure la comunicación de la planificación de actividades, la supervisión y el control por parte de la línea gerencial superior. Esta comunicación, supervisión y control, constituyen una oportunidad de mejora.

Cada persona es regida por una autoridad que organiza, delega y supervisa las actividades de la fuerza laboral, en el departamento de centrífugas, esta autoridad está representada por el ingeniero de centrífugas, el cual es asistido por el auxiliar de centrífugas.

Se identifican cuatro áreas de especialización:

- Área Mecánica
- Área de Soldadura
- Grúa de Montaje
- Maquinaria Pesada

La estructura organizacional que se describe, denota una división adecuada del trabajo por lo que se evita la duplicidad de funciones, aprovecha el principio de especialización y permite la supervisión técnica.

3.1.1.3.1. Tareas de los puestos

Utilizando la información existente en el ingenio, respecto a las responsabilidades de los puestos y verificando dicha información con entrevistas a trabajadores y supervisores, se determinaron las siguientes tareas para cada puesto.

- Ingeniero de centrífugas

Su función es planificar, organizar, supervisar y liderar a todas las personas a su cargo, comunicando su planificación al auxiliar de planta. No obstante tiene la responsabilidad de todos los puestos involucrados.

El objetivo de este puesto es velar porque a los equipos les sea realizado eficientemente el mantenimiento necesario y así el equipo pueda ser entregado en condiciones óptimas al inicio de la zafra. Este puesto es subordinado de la Gerencia de División Industrial.

- Auxiliar de centrífugas

Es la persona encargada de coordinar al personal para cumplir con todo lo planificado por el ingeniero de planta. Es decir vela por que los objetivos y metas del departamento se desarrollen de acuerdo al tiempo estipulado y sean cumplidas con eficiencia y calidad.

- Mecánico especializado

Tiene la tarea de reparar y dar mantenimiento a la maquinaria y equipo industrial, que necesita de una persona con experiencia, especialización, tecnificación y amplios conocimientos.

- Soldador especializado

Su objetivo es realizar la reparación y mantenimiento de piezas, estructuras, tuberías, maquinaria y equipo industrial. La persona que desempeña este puesto debe poseer amplios conocimientos de soldadura eléctrica y autógena.

- Operador de grúa de montaje

Tiene la responsabilidad de manejo de la grúa de montaje, debe poseer experiencia considerable y amplia en el ramo. Es el encargado de ensamblar y desensamblar maquinaria pesada.

- Operador de maquinaria pesada

Su función es el manejo de tractores de brazo o palanca de canasta, tractores camelo y maquinaria pesada en general.

- Mecánico de primera

Este puesto tiene la función de reparar y dar mantenimiento a la maquinaria y equipo industrial que no es tan delicado. Es un puesto que no necesita de gran especialización, sin embargo debe tener experiencia en maquinaria industrial.

- Soldador de primera

Su función es efectuar todo trabajo de soldadura para el mantenimiento y reparación de la maquinaria y equipo industrial. No se necesita de especialización, mas debe poseer experiencia en soldadura eléctrica y autógena.

3.2. Análisis del proceso actual de mantenimiento

La metodología que se utiliza para el proceso de mantenimiento es un tanto sencilla, incluyendo desde la planificación de las actividades de mantenimiento, asignación de ordenes de trabajo a supervisores y trabajadores, ejecución de los trabajos y por último supervisión de los mismos.

La planificación de las actividades de mantenimiento la realiza cada gerente de área de manera independiente, utilizando la herramienta de planificación Proyect (figura No. 8). La estrategia de planificación consiste en el análisis de datos históricos de mantenimiento y experiencia del planificador, ya que todos los años se realiza el mismo mantenimiento preventivo a las máquinas centrifugas. Esta planificación no se integra con los demás departamentos, constituyendo un área potencial de mejora, ya que al integrar las actividades de mantenimiento se puede lograr reducción de tiempos de ejecución y optimización de recursos.

Las ordenes de trabajo utilizadas actualmente no cuentan con un código único que las identifique. No recopilan información sobre las herramientas y materiales utilizados, los costos de mantenimiento, los tiempos de ejecución. No existe tipificación de interrupciones de trabajos, no se hace referencia al estatus de tareas y a las actividades específicas para completar las mismas.

La figura 7, muestra la estructura de las ordenes de trabajo utilizadas por el departamento de centrífugas del Ingenio Santa Ana.

La información sobre la planificación de los mantenimientos es comunicada a los niveles inferiores por medio de las ordenes de trabajo,

aunque muchas veces este proceso se realiza de forma oral, por considerarse un proceso complicado generar las ordenes de trabajo.

Durante la ejecución de los trabajos no se recopila información sobre la calidad de los trabajos de mantenimientos y no se analiza información sobre la ejecución de los trabajos que ayude a mejora la toma de decisiones, sobre datos confiables y exactos.

Las ordenes de trabajo que se utilizan actualmente, ayudan a ordenar la ejecución de las tareas y constituyen una herramienta que al ser mejorada en cuanto a la recopilación de información sobre costos de mantenimiento, materiales y herramientas utilizados, tiempos de ejecución, secuencia lógica de actividades para completar tareas, tipificación y medición de retrasos y asignación de recurso humano, pueden mejorar considerablemente los tiempos de ejecución, la calidad de los trabajos, las fuentes de improductividad existentes y proveer datos exactos sobre los costos de mantenimiento.

Esta herramienta debe ser coordinada por un departamento de administración de mantenimiento, el cual se encargue de integrar las planificaciones de cada departamento, facilite la generación de las ordenes de trabajo, analice la información proveniente de las mismas y ponga a disposición de la gerencia la información analizada para crear bases sólidas para la toma de decisiones.

3.2.1. Programación actual del mantenimiento

Al terminar la época de zafra el ingeniero de centrifugas realiza una programación preliminar de los mantenimientos a realizarse durante toda la época de reparación. Para realizar esta programación utiliza la herramienta de

planificación *Proyect*, asignando tareas de mantenimiento mecánico (tabla No. I), y tareas de mantenimiento eléctrico (tabla No. II) a cada equipo existente en el departamento.

Figura 7. **Orden de trabajo actual, departamento de mantenimiento**

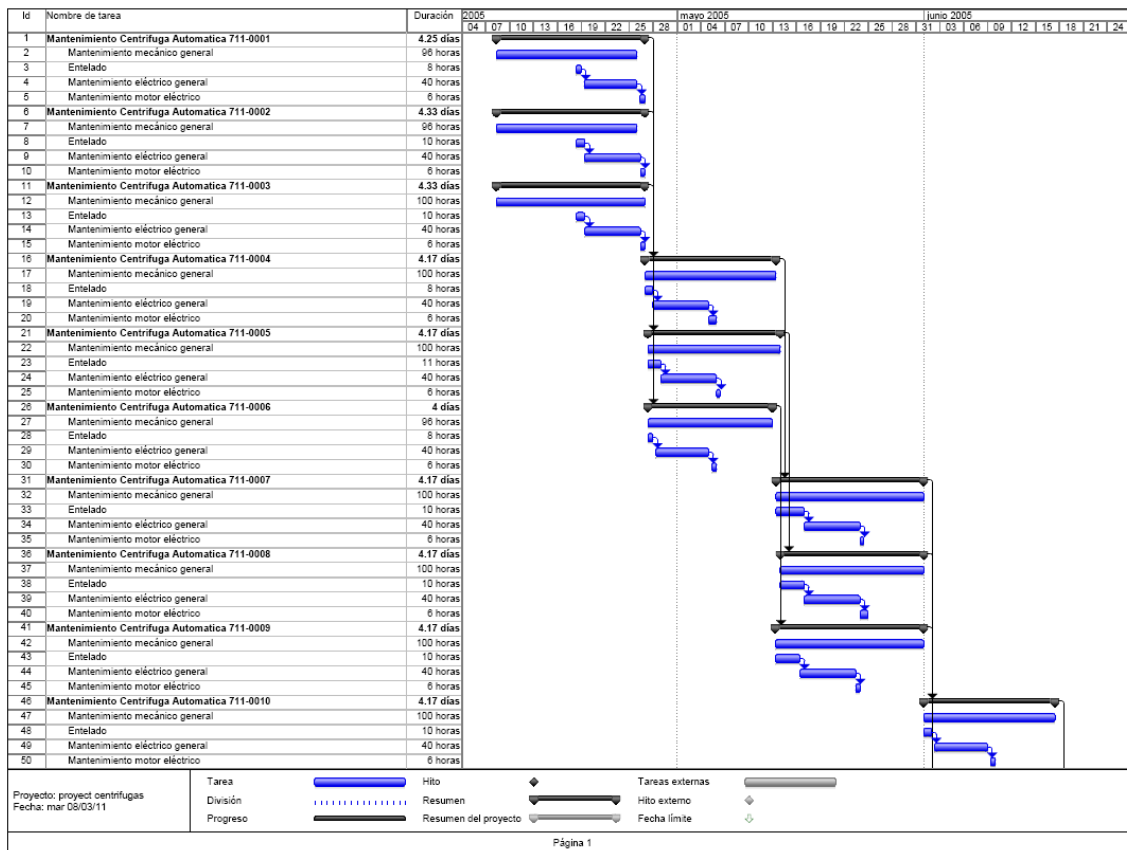
	INGENIO SANTA ANA DIVISIÓN INDUSTRIAL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ORDEN DE TRABAJO																														
NOMBRE DE ORDEN DE TRABAJO: DEPARTAMENTO: FECHA Y HORA DE INICIO:	CÓDIGO DE EQUIPO: PLANIFICADA POR: FECHA Y HORA DE FINALIZACIÓN:																														
BREVE DESCRIPCIÓN DE LA TAREA: <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>																															
ACTIVIDADES REALIZADAS:	OBSERVACIONES:																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px;">1.</td><td></td></tr> <tr><td>2.</td><td></td></tr> <tr><td>3.</td><td></td></tr> <tr><td>4.</td><td></td></tr> <tr><td>5.</td><td></td></tr> <tr><td>6.</td><td></td></tr> <tr><td>7.</td><td></td></tr> <tr><td>8.</td><td></td></tr> <tr><td>9.</td><td></td></tr> <tr><td>10.</td><td></td></tr> </table>	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.		9.		10.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>										
1.																															
2.																															
3.																															
4.																															
5.																															
6.																															
7.																															
8.																															
9.																															
10.																															
NOMBRE DE TRABAJADOR (ES): <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>				FIRMA: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>																											
NOMBRE SUPERVISOR: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>		FIRMA: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>																													

Fuente: Gerencia de Mantenimiento, Ingenio Santa Ana.

Para proyectar los tiempos de mantenimiento utiliza tiempos estimados basados en su experiencia y percepción. Con esta técnica el ingeniero de

centrifugas asigna tiempos de inicio y finalización de cada tarea de mantenimiento. En esta planificación no se asigna recurso humano a las tareas de mantenimiento. La figura No. 8 muestra el *software Proyect* utilizado como herramienta para la programación actual de mantenimiento.

Figura 8. Herramienta utilizada para realizar la programación actual de mantenimiento, departamento de centrifugas



Fuente: Gerencia de Mantenimiento, Ingenio Santa Ana.

La comunicación de la programación realizada por el ingeniero de centrifugas, se realiza por medio de las ordenes de trabajo actuales (figura No. 7), y muchas veces es comunicada de forma oral a los trabajadores. La comunicación de la programación realizada constituye una importante oportunidad de mejora.

La programación de mantenimientos utilizando tiempos estimados basados en experiencia y percepción del ingeniero de centrifugas, y no basados en tiempos promedio observados en la ejecución de las tareas, constituye una oportunidad de mejora. Así mismo la determinación de las actividades necesarias para realizar cada tarea de mantenimiento mejoraría considerablemente la programación de mantenimientos.

3.2.1.1. Maquinaria y equipo

La función de las máquinas centrífugas es separar los cristales del azúcar del licor madre o miel, una vez formados los cristales en los tachos o cristalizadores.

Se añade carga a la centrífuga por medio del dosificador. La masa cocida ingresa al compartimiento y debido a la fuerza centrífuga generada por la rotación de la canasta, las mieles son despedidas hacia la envolvente y los cristales de azúcar son retenidos. Este proceso continua hasta que los cristales de azúcar quedan lo más libre posibles de la miel, luego los cristales son purgados por medio de rociado de agua.

En la industria azucarera existen dos tipos de máquinas centrífugas, las continuas y centrífugas por lote.

3.2.1.1.1. Centrífugas continuas

En estas máquinas la separación de miel y los cristales de azúcar se realiza de forma continua y sin interrupción. El empleo de estas máquinas centrífugas es debido a los bajos costos de mantenimiento, consumo energético y precio.

Las centrifugas continuas existentes en el área se encuentran en condiciones de operación, sin embargo estos equipos son muy antiguos por lo que han sufrido modificaciones para lograr que continúen prestando el servicio para el que fueron diseñados.

A las centrifugas continuas se les realiza todos los años tareas de mantenimiento mecánico (tabla I) y tareas de mantenimiento eléctrico (tabla II). La información de la ejecución de estas tareas se ingresa en las ordenes de trabajo actuales (figura 7).

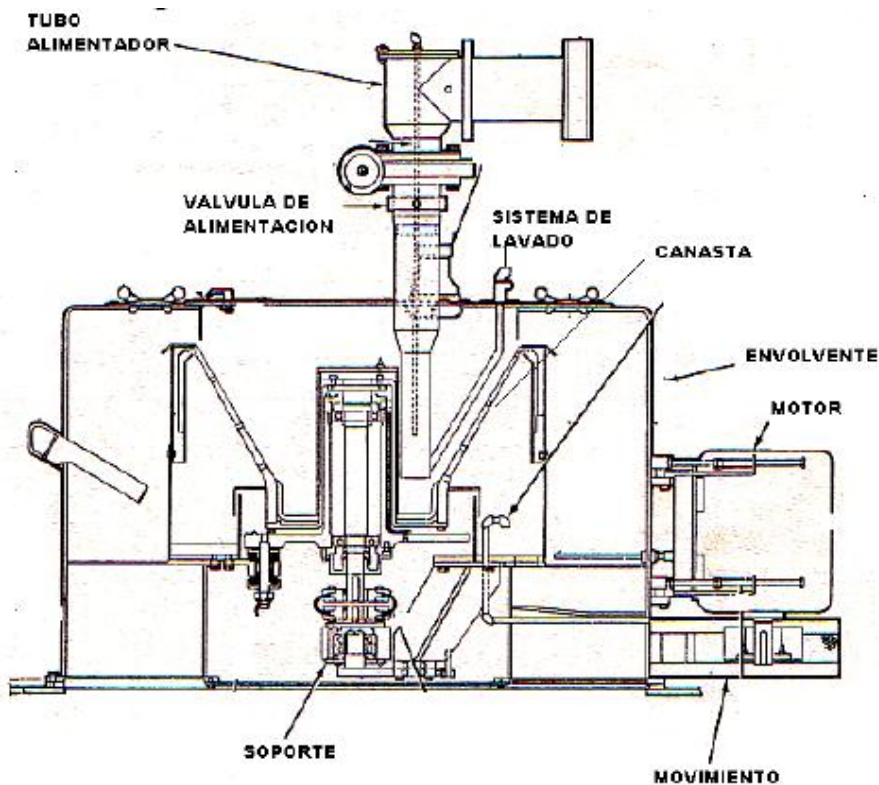
La figura 9, muestra las partes principales de una centrifuga continua.

Las centrífugas continuas constan de las siguientes partes:

Envolvente. Es la parte superior de la centrifuga, contiene el azúcar purgado y lo dirige al conductor de azúcar por medio de dos conos bipartidos.

Canasto. Es el accesorio cónico de acero inoxidable y perforado para la separación de la miel. Su inclinación varía de 25° a 34° siendo más utilizadas las de 30°.

Figura 9. Centrifugas continuas



Fuente: Chen, James C.P. Manual del azúcar de Caña. p. 442

Telas y contrátelas. La contrátela es fuerte bien abierta de acero inoxidable y va soldada al canasto. Las telas son dos o tres, según el tamaño de la centrifuga y se fijan al canasto mordiéndolas por presión a la copa o taza, van atornilladas al cabezal del movimiento y sujetadas por tres retenedores. Las telas son de acero inoxidable de 0.2 a 0.27 mm de espesor con agujeros cónicos de 0.06 mm.

Tubo alimentador. Éste está provisto de una válvula reguladora que lleva la masa cocida al centro del soporte que sirve a su vez de cono invertido para llevar la masa al fondo y regresarla hacia arriba por la tela, la masa baja

formando un chorro ligeramente cónico, que es lubricando con agua por una varilla interior con pequeñas perforaciones y un sistema de lavado coaxial exterior que puede ser solamente con agua o agua y vapor.

Sistema de lavado. Se realiza con agua y vapor, por medio de dos tubos perforados paralelos al canasto.

Compartimiento de mieles. Separa la miel purgada y la deposita en un tanque.

Soporte. Éste va conectado al motor por una suspensión de amortiguadores de hule, un eje y una polea, también está conectado al tazón de carga y al canasto.

Movimiento. Está formado por dos poleas, una en el eje de la centrífuga y otra en el eje del motor eléctrico, unidas por fajas V.

3.2.1.1.2. Centrífugas por lote

En la industria azucarera se utilizan las centrífugas por lote de tipo automáticas.

Debido a los mantenimientos que se realizan todos los años en época de reparación, los equipos se encuentran en condiciones de operación. La información de los mantenimientos es recopilada por medio de las ordenes de trabajo actuales (figura 7).

Todos los años se realizan a estos equipos tareas de mantenimiento mecánico, según descripción mostrada en la tabla I, y tareas de mantenimiento eléctrico descritas en la tabla II.

La figura 10 muestra los componentes principales de las máquinas centrifugas por lote.

Las partes principales de las Centrifugas Automáticas por Lote son:

Compuerta de alimentación. Ésta permite la entrada de la masa cocida que se encuentra en el mezclador al interior de la centrifuga.

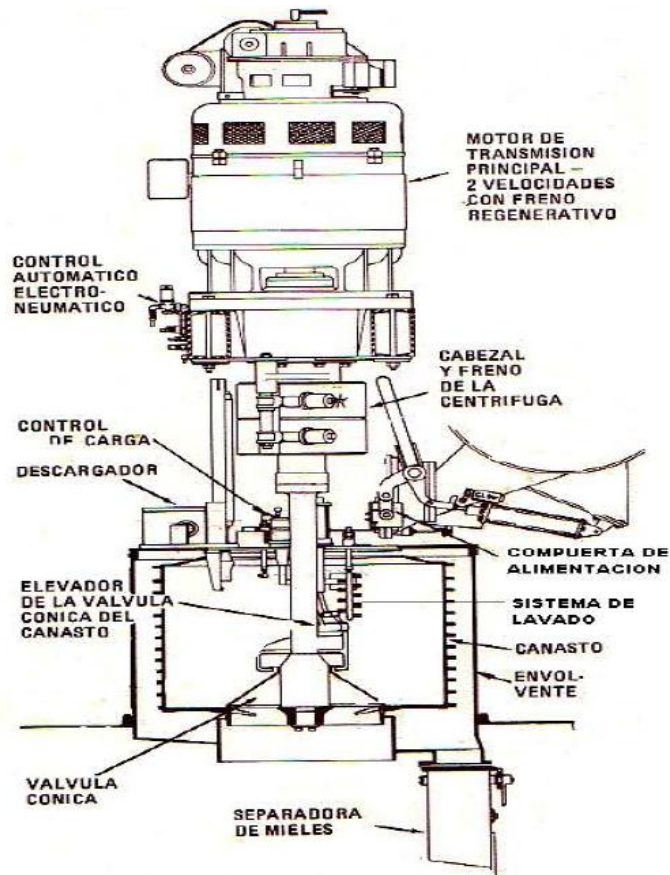
Canasto. Es cilíndrico y perforado gira sujeto al eje o flecha en el fondo del canasto.

Telas y contrátelas. El canasto esta recubierto con una malla de sostén de alambre # 8 o dos de # 5 y # 8 (él # es el número de agujeros por metro cuadrado), llamadas contrátelas y por la tela perforada de cobre con perforaciones de 4 mm de largo x 0.3 mm a 0.7 mm de ancho.

Sistema de lavado. Dentro del canasto está el Manifold del lavado que contiene varios rociadores o atomizadores, son de 5 a 9 dependiendo del tamaño de la máquina, éstos lavan de forma pareja con agua caliente la masa cocida.

Envolvente. Es concéntrica al canasto por una brida con radios, que es por donde sale el azúcar hacia el conductor.

Figura 10. Centrifugas por lote



Fuente: Chen, James C.P. Manual del azúcar de Caña. p. 435

Cabezal. Éste es el que acopla el eje del motor y el eje del canasto. Contiene los cojinetes que los soportan, un amortiguador de hule que evita la vibración y estabiliza la máquina.

Freno y motor. El freno puede ser de zapatas radiales o de discos y el motor de velocidad variable o de dos o tres velocidades.

Temporizadores y controles. Los temporizadores son lo que controlan los tiempos de lavado de la tela y masa cocida, carga y descarga, purga, separación de mieles, entre lavados, secado, aplicación del freno regenerativo, parada y puesta en marcha atrás y arranque automático. Los controles automáticos generalmente están instalados en un panel electrónico con controles, transformadores y equipos para variar la velocidad gradualmente.

En el departamento de centrifugas existen 21 centrifugas de tipo por lote automáticas y 17 centrifugas continuas, distribuidas en forma lineal y divididas en las áreas de centrifugas refinería y centrifugas fábrica.

3.2.1.2. Tiempos estimados

En el departamento de centrifugas existen 21 centrifugas de tipo por lote automáticas y 17 centrifugas continuas, distribuidas en forma lineal y divididas en las áreas de centrifugas refinería y centrifugas fábrica.

Se realizó mantenimiento a la totalidad de los equipos del departamento de máquinas centrifugas, tanto en el área mecánica y de soldadura como en el área eléctrica, utilizando la metodología de observación directa para la totalidad de los equipos, se identificaron las tareas de mantenimiento, las actividades necesarias para completar cada tarea y los tiempos promedio estimados de ejecución de cada tarea.

Mantenimiento mecánico y soldadura. El mantenimiento mecánico de las máquinas centrifugas incluye la revisión y reparación de todos los componentes mecánicos, desmontajes y montajes.

La tabla I, presenta los resultados de las mediciones de tiempo estimado promedio, realizadas en las observaciones de la ejecución de mantenimientos mecánicos a 21 centrifugas automáticas y 17 centrifugas continuas.

Tabla I. **Tareas de mantenimiento mecánico, descripción y tiempos estimados de ejecución**

Centrífuga Automática		
Nombre de tarea	Descripción de actividades	Tiempo estimado
Mantenimiento mecánico general	Desmontaje y montaje de motor, revisión de frenos cubierta y válvula, revisión y reparación de transmisión y cabezal, mantenimiento de carcasa, arado, orquilla y control de carga.	100 hrs.
Entelado	Desmontaje, revisión, reparación y montaje.	10 hrs.
Centrífuga Continua		
Nombre de tarea	Descripción de actividades	Tiempo estimado
Mantenimiento mecánico general	Desmontaje, reparación y montaje de válvula reguladora, cilindro hidráulico, motor eléctrico. Mantenimiento e inspección de cono, tazón, carcasa, tubería y strainer, estructura y anclaje.	90 hrs.
Entelado	Desmontaje, revisión, reparación y montaje.	10 hrs.
Mantenimiento de sistema de lubricación	Mantenimiento y revisión del tanque de aceite, líneas, conexiones, bombas de lubricación y filtros.	28 hrs.

Fuente: investigación EPS.

Mantenimiento eléctrico. El mantenimiento eléctrico incluye la revisión de todos los componentes eléctricos como tarjetas, *microswitch*, *relays*, arrancadores, *timers* y el mantenimiento y reparación de los motores eléctricos.

La tabla II resume los resultados de las mediciones de tiempo estimado promedio, realizadas en las observaciones de la ejecución de mantenimientos eléctricos a 21 centrifugas automáticas y 17 centrifugas continuas.

Tabla II. **Tareas de mantenimiento eléctrico, descripción y tiempos estimados de ejecución**

Centrífuga Automática		
Nombre	Descripción	Tiempo estimado
Mantenimiento eléctrico general	Mantenimiento de microswitch de carga, ralay y breaker de mando. Revisión y reparación de arrancadores de motor, timers, variador de motor, selenoides, cajas de registro, botoneras, mandos de compuerta, encoders.	40 hrs.
Mantenimiento de motor eléctrico	Prueba inicial, desarme, embobinado, revisión de partes y prueba final	6 hrs.
Centrífuga Continua		
Nombre	Descripción	Tiempo estimado
Mantenimiento eléctrico general	Mantenimiento de contactores, revisión e inhalación de válvulas selenoides, mantenimiento de manto, fliponera, revisión de líneas de conexión de motor, prueba final.	20 hrs.
Mantenimiento de motor eléctrico	Desmontaje, revisión, reparación y montaje.	6 hrs.

Fuente: investigación EPS.

3.2.1.3. Costeo

Actualmente el departamento de mantenimiento no realiza el cálculo del costeo de las tareas o actividades específicas de mantenimiento, ya que las ordenes de trabajo actuales (figura 7), no recopilan información sobre

materiales y repuestos utilizados, horas hombre de ejecución de mantenimientos y costos indirectos etc.

La falta de costeo específico de las tareas de mantenimiento en el departamento de centrifugas, constituye una importante oportunidad de mejora y se resume a detalle en la tabla XVI.

3.2.2. Diagrama de flujo actual del proceso de mantenimiento

Utilizando la metodología propuesta por la ingeniería industrial para la obtención y presentación de datos, específicamente la técnica de registro y análisis por medio del diagrama de flujo de operaciones, se identificaron las operaciones básicas existentes en el proceso actual de mantenimiento, realizado en el área de centrifugas del ingenio.

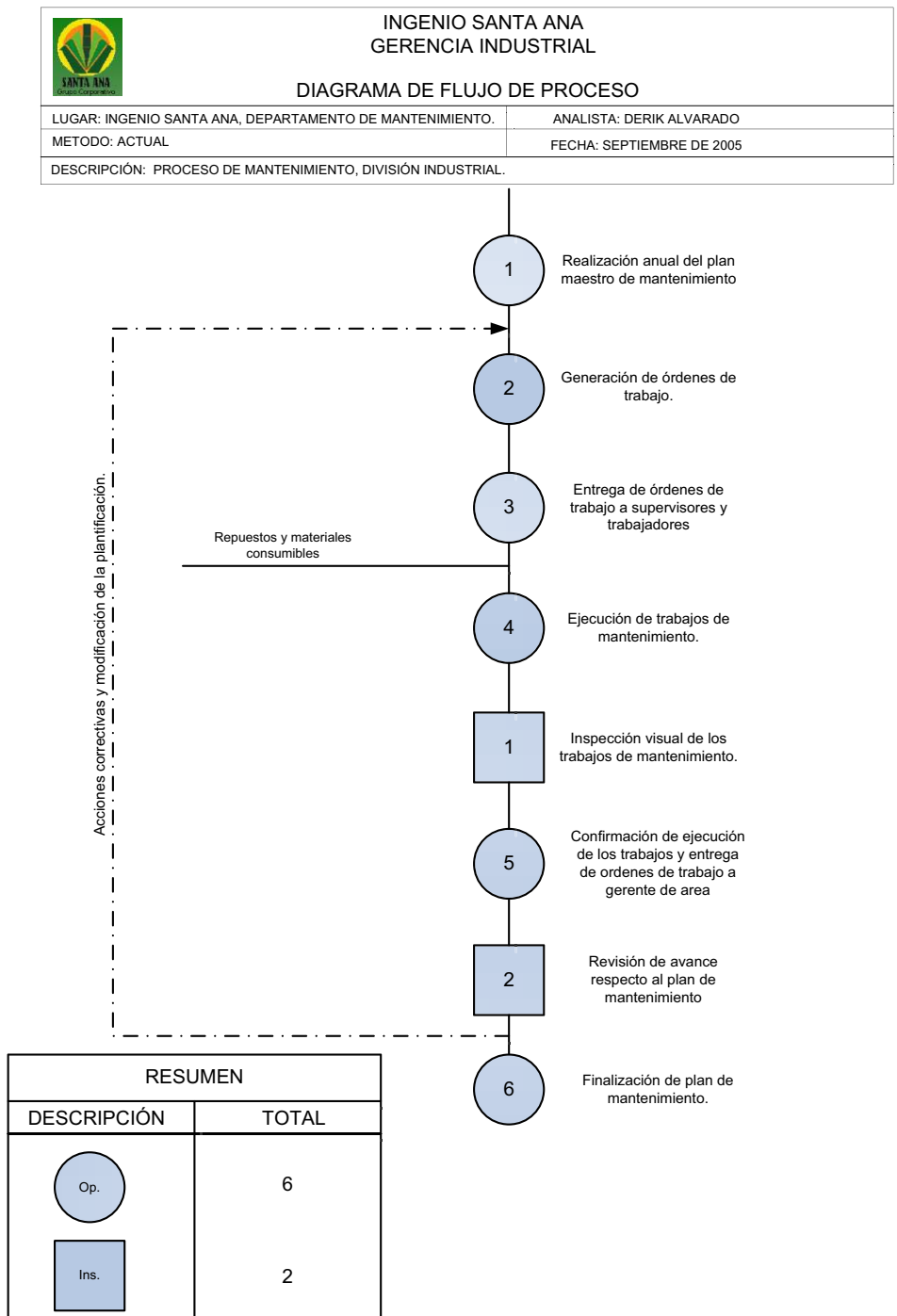
A continuación se describe el proceso de programación y ejecución de mantenimiento en el departamento de centrifugas:

1. El Gerente de departamento realiza el plan anual de mantenimiento;
2. Se generan las ordenes de trabajo (figura 7), en base al plan anual de mantenimiento;
3. Se entregan las ordenes de trabajo a los supervisores de área y a los trabajadores que serán responsables de la ejecución de los mantenimientos;
4. Utilizando los repuestos y materiales consumibles, se realiza la ejecución de los trabajos de mantenimiento;

5. El supervisor realiza una inspección visual de los trabajos de mantenimiento;
6. El supervisor confirma al gerente de área la finalización de los trabajos de mantenimiento y entrega las ordenes de trabajo (figura 7);
7. El gerente de área verifica el avance del proyecto y realiza las correcciones necesarias al plan generando nuevas ordenes de trabajo;
8. Se finaliza el plan anual de mantenimiento.

La figura 11 muestra el diagrama de flujo actual del proceso de mantenimiento.

Figura 11. Diagrama de flujo actual proceso de mantenimiento



Fuente: investigación EPS.

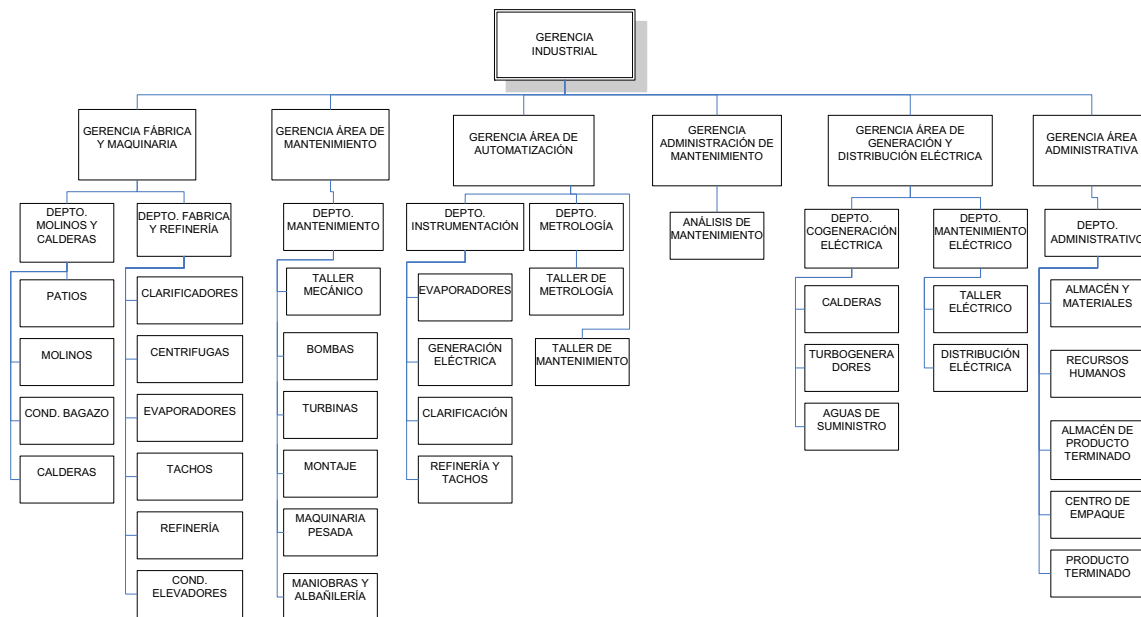
4. DISEÑO Y PREPARACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO

El objetivo es diseñar un sistema de mantenimiento preventivo eficiente para el departamento de centrifugas que ayude a recopilar y analizar toda la información necesaria para mejorar la calidad de los mantenimientos y la productividad del recurso humano en cuanto a la ejecución de los mismos.

Como se menciona en el capítulo anterior, el diseño y preparación del sistema de mantenimiento se basa en las oportunidades de mejora identificadas, tales como la creación de un departamento de administración de mantenimiento que integre la información que hasta el momento se generaba por unidades funcionales independientes, la propuesta también se basa en el mejoramiento de las ordenes de trabajo, para incluir información sobre costos, tiempos de ejecución, materiales y repuestos, tipificación y cuantificación de tiempos muertos ó improductivos.

Se realizó la creación del departamento de administración de mantenimiento, como una unidad funcional a nivel gerencial, responsable de la integración y coordinación de los distintos programas de mantenimiento, creados por las gerencias funcionales. La estructura organizacional utilizada para la creación del departamento, se denota en el siguiente organigrama funcional.

Figura 12. Organigrama funcional propuesto de división industrial ingenio Santa Ana



Fuente: investigación EPS.

Las ordenes de trabajo actúan como una herramienta que provee de orden y control al sistema de mantenimiento, ya que por medio de las ordenes de trabajo se puede programar las actividades de mantenimiento y a la vez recopilar información sobre los tiempos de ejecución, tiempos muertos y sus causas, porcentajes de avances de las actividades o tareas, estatus de las tareas, materiales utilizados para la ejecución de las actividades etc. Toda esta información debidamente analizada puede servir como base para la creación de políticas, metas de mantenimiento, costo e identificación de oportunidades de mejora.

En el capítulo anterior se identificaron oportunidades de mejora en cuanto al flujo de proceso actual de mantenimiento, por lo que se propone el mejor método, tomando en cuenta la creación del nuevo departamento de administración de mantenimiento y el mejoramiento de las ordenes de trabajo como herramienta esencial en el sistema.

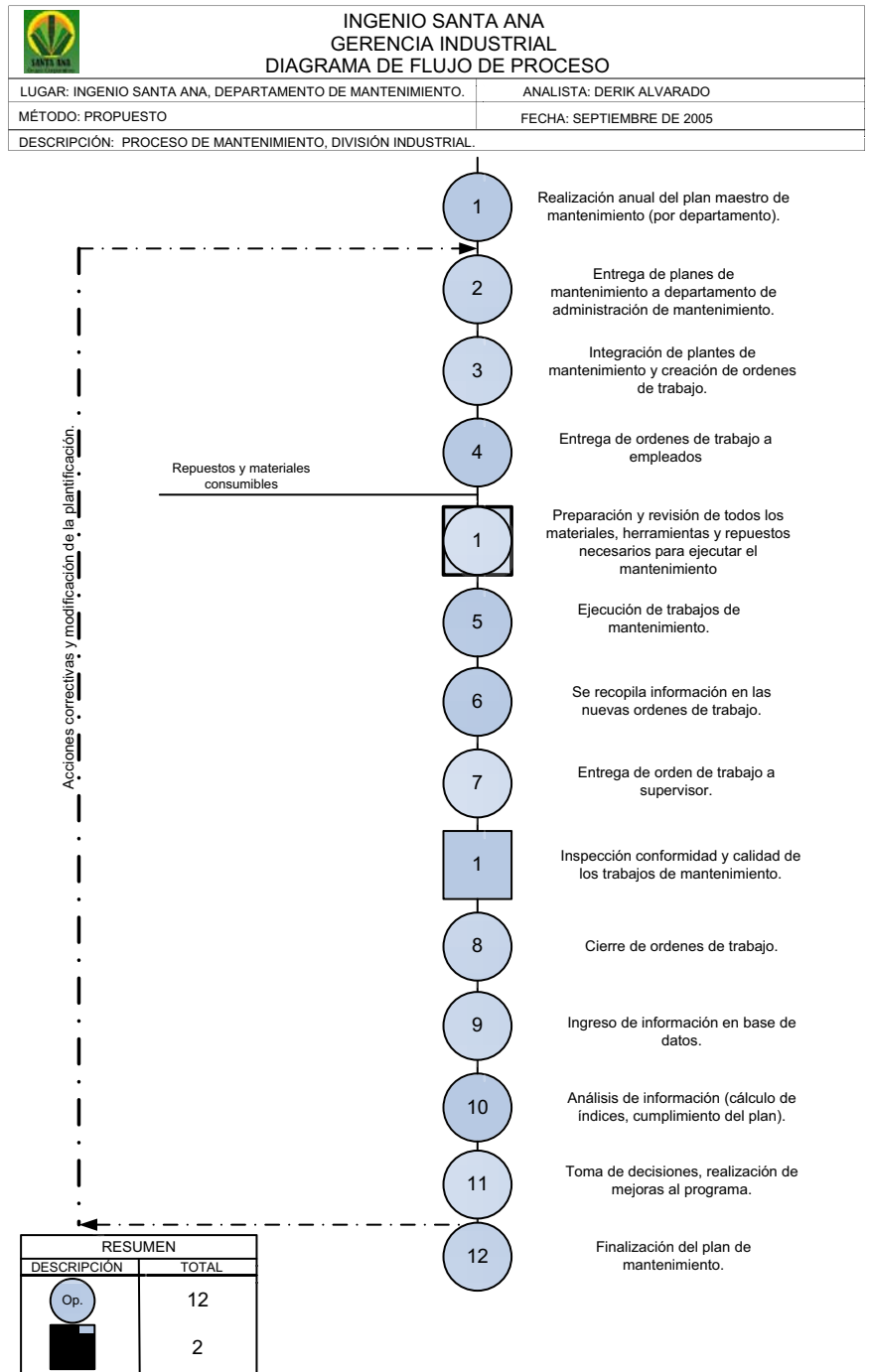
A continuación se detallan las actividades del proceso propuesto:

1. El gerente de departamento realiza el plan anual de mantenimiento;
2. El gerente de departamento entrega al gerente de administración de mantenimiento los planes anuales realizados;
3. El departamento de mantenimiento realiza una integración y coordinación de los distintos planes de mantenimiento, para sincronizar fechas de trabajo en los distintos mantenimientos. Esta tarea se realiza con el fin de evitar re-trabajos y aprovechar el desensamble para trabajar todos los departamentos;
4. Con la información contenida en las nuevas ordenes de trabajo (figura 15), se realiza la preparación y revisión de los materiales, repuestos y herramientas, necesarios para ejecutar la actividad. Esta tarea evita demoras por falta de materiales, repuestos ó herramientas, ya que los tiempos de traslado de bodega al lugar de trabajo retrasan la ejecución de las tareas;
5. Se realiza la ejecución del mantenimiento, indicado en la orden de trabajo;

6. Al finalizar el trabajo de mantenimiento, se entrega la orden de trabajo con la información de la ejecución del mantenimiento al supervisor;
7. El supervisor realiza una revisión y aprobación de los trabajos de mantenimiento y corrobora la información ingresada en la orden de trabajo. Al realizar esta actividad se asegura la calidad de los trabajos de mantenimiento;
8. Se cierra la orden de trabajo;
9. La información recopilada en la orden de trabajo, es ingresada en la base de datos por el supervisor de área;
10. Se realiza el cálculo y análisis de los índices de mantenimiento y se verifica el avance respecto al plan anual de mantenimiento;
11. Se toman decisiones en base al análisis de los datos proveídos por el sistema. Se realizan mejoras al sistema de mantenimiento. Esta actividad es esencial para iniciar el ciclo de la mejora continua;
12. Se finaliza el plan de mantenimiento.

La figura 13 muestra el diagrama de flujo del proceso de mantenimiento propuesto.

Figura 13. Diagrama de flujo propuesto de proceso de mantenimiento



Fuente: investigación EPS.

Diseño de ordenes de trabajo

Para lograr el mejoramiento de las ordenes de trabajo, y poder aprovechar todo el potencial que ofrece esta herramienta, se realizaron las siguientes actividades:

1. Inventario y codificación de las unidades de mantenimiento existentes en el departamento, esto con el fin de identificar los equipos que son objeto de mantenimientos y asignarles un código único que los identifique y ayude a sistematizar el proceso.
2. Identificación de las tareas de mantenimiento que son realizadas a estos equipos y creación de códigos únicos que las identifiquen. Esta identificación y codificación fue esencial para relacionar cada equipo con las tareas de mantenimiento que se les realizan.
3. Para cada tarea de mantenimiento se determinaron las actividades que componen cada tarea, los materiales, herramientas y repuestos a utilizar y se obtienen los tiempos estimados promedio por actividad, esto con el fin de proveer toda la información necesaria al personal operativo para la correcta realización de los trabajos de mantenimiento. Esta actividad constituye la estandarización de las tareas.
4. Toda la información ya recopilada se incluyó en el diseño propuesto de las ordenes de trabajo, con el fin de proveer toda la información necesaria para el personal que realizara las tareas de mantenimiento y a la vez recopilar información durante la ejecución de las mismas. La figura No. 15 pág. 75 y figura No. 16 pág. 78, muestran el diseño propuesto de las ordenes de trabajo.

5. Se propusieron varios índices de medición y la herramienta informática para el manejo de la información.

4.1. Inventario y codificación de las unidades de mantenimiento

Un inventario del equipo proporciona los datos básicos para estructurar cualquier programa de mantenimiento, estos datos sirven como base para identificar las unidades que serán objeto de mantenimiento.

En el departamento de centrífugas existen 21 centrífugas de tipo por lote automáticas y 17 centrífugas continuas, distribuidas en forma lineal y divididas en las áreas de centrífugas refinería y centrífugas fábrica.

Con el objetivo de diferenciar fácilmente cada unidad de mantenimiento es importante el diseño de un código único, para todas y cada una de las unidades. Este código debe proveer información sobre el tipo de maquinaria, el correlativo e información adicional necesaria.

En este caso se optó por utilizar la codificación creada anteriormente por el departamento de contabilidad, el cual cumple con las pautas básicas de codificación y se considera que los empleados ya están familiarizados con esta codificación de activos. La estructura del código utilizado para las unidades de mantenimiento se distribuye de la siguiente manera:

- Tres primeros dígitos que indican el tipo de equipo
- Cuatro dígitos siguientes que indican el correlativo del equipo

Ej.: Activo No. 711- 0006.

Los primero tres dígitos 711 indican el tipo de equipo como un código único de familia de equipos, en este caso centrífugas automáticas.

Los siguientes cuatro dígitos 0006, indican el correlativo del equipo, en este caso la unidad de mantenimiento es la centrífuga Automática No. 6.

La tabla III muestra información sobre los códigos únicos de familia existentes en la división industrial del ingenio.

Tabla III. **Código único de familia, para equipos existentes en área de centrífugas**

Código Único de Familia	Descripción.
711	Centrífuga
843	Sistema de lubricación

Fuente: investigación EPS.

La tabla IV presenta las unidades de mantenimiento existentes en el departamento de centrífugas, debidamente codificadas.

Tabla IV. **Inventario y codificación de unidades de mantenimiento en el departamento de centrífugas**

CENTRÍFUGAS AUTOMATICAS		
No.	Descripción	Código
1.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #01	711-0001
2.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #02	711-0002
3.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #03	711-0003
4.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #04	711-0004
5.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #05	711-0005
6.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #06	711-0006
7.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #07	711-0007
8.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #08	711-0008
9.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #09	711-0009
10.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #10	711-0010
11.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #11	711-0011
12.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #12	711-0012
13.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #13	711-0013
14.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA DE 1RA. MASA #14	711-0014
15.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA REFINERÍA #1	711-0015
16.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA REFINERÍA #2	711-0016
17.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA REFINERÍA #3	711-0017
18.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA REFINERÍA #4	711-0018
19.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA REFINERÍA #5	711-0019
20.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA REFINERÍA #6	711-0020
21.	CENTRÍFUGA AUTOMATICA REFINERÍA #7	711-0021
22.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 2DA. MASA #07	711-0022
23.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 2DA. MASA #08	711-0023
24.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 2DA. MASA #09	711-0024
25.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 2DA. MASA #10	711-0025
26.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 2DA. MASA #15	711-0026
27.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 2DA. MASA #16	711-0027
28.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 2DA. MASA #17	711-0028
29.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 2DA. MASA #14	711-0029
30.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 3RA. MASA #01	711-0030
31.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 3RA. MASA #02	711-0031
32.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 3RA. MASA #03	711-0032
33.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 3RA. MASA #04	711-0033

Fuente: investigación EPS.

Continuación Tabla IV...

CENTRÍFUGAS AUTOMATICAS		
No.	Descripción	Código
34.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 3RA. MASA #05	711-0034
35.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 3RA. MASA #06	711-0035
36.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 3RA. MASA #11	711-0036
37.	CENTRÍFUGA CONTINUA DE 3RA. MASA #12	711-0037
38.	SISTEMA DE LUBRICACION CENTRÍFUGAS	843-0011

Fuente: investigación EPS.

4.2. Inventario y codificación de las tareas de mantenimiento

Para dotar a las tareas de mantenimiento de una identidad única, fue necesario diseñar un código que relacionara la tarea de mantenimiento y la unidad de mantenimiento (equipo).

A cada unidad de mantenimiento, se le pueden realizar varios tipos de mantenimientos ya sea mecánico, eléctrico, automatización etc. Del mismo modo cada tipo de mantenimiento consta de varias tareas de mantenimiento. Un ejemplo es el mantenimiento mecánico general de centrífugas, el entelaje, mantenimiento de la unidad de lubricación etc. Cada una de estas tareas consta de varias actividades que en conjunto forman la tarea de mantenimiento.

Cada tarea de mantenimiento debe tener una codificación única que la identifique del resto de tareas. La estructura del código de una tarea de mantenimiento consta de 15 caracteres y se distribuye de la siguiente manera:

- Un primer carácter que identifica el área de la corporación (Ingenio o Taller Agrícola etc.)

- El segundo Carácter identifica la época en la que se realiza la tarea de mantenimiento (Reparación o zafra).
- Un tercer carácter identifica el tipo de mantenimiento que se realiza (mecánico “M”, eléctrico “E”, automatización “A”).
- El cuarto carácter es un dígito que identifica el área del Ingenio (1. cogeneración, 2. ingenio fábrica).
- Dos dígitos siguientes que indican el departamento en el que se encuentra el activo al que se realiza mantenimiento. En el caso del departamento de centrífugas 07.
- Los siguientes 7 dígitos indican el código de la unidad de mantenimiento a la que se realizará el trabajo.
- Dos dígitos siguientes identifican las distintas formas de dar mantenimiento a dicho activo (01 Mantenimiento mecánico general, 02 Entelado etc.).

Ejemplo: el código de tarea IRM207711000101, identifica una tarea de mantenimiento mecánico general, realizada en el área del ingenio fábrica, en época de reparación, en el departamento de centrífugas, realizado al equipo 711-0001 centrífuga automática de primera masa No. 1.

La tabla No. V, presenta la distribución de las tareas de mantenimiento para las máquinas centrífugas y su correspondiente codificación. Las “XXXX” representan los cuatro dígitos que indican el número correlativo de la unidad.

4.3. Determinación de las actividades necesarias para realizar mantenimiento a cada unidad y obtención de tiempos estimados

La determinación de las actividades realizadas en cada tarea de mantenimiento y el orden lógico con el que estas son realizadas es base fundamental del sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo. Ya que

estas indican a cada trabajador con que secuencia efectuar las actividades de mantenimiento, siguiendo la programación realizada por el gerente de área.

Tabla V. **Codificación de tareas de mantenimiento para el área de centrifugas**

 INGENIO SANTA ANA DIVISIÓN INDUSTRIAL		
MANTENIMIENTO MECÁNICO		
No.	Descripción	Codificación
1.	Mantenimiento mecánico general	IRM207711XXXX01
2.	Entelado de Centrifugas	IRM207711XXXX02
3.	Mantenimiento sistema de lubricación centrifugas	IRM207843XXXX01
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO		
No.	Descripción	Codificación
1.	Mantenimiento Eléctrico General.	IRE207711XXXX01
2.	Mantenimiento de Motor Eléctrico	IRE207711XXXX02

Fuente: investigación EPS.

Durante la época de reparación se realizó mantenimiento a la totalidad de los equipos en el departamento de centrifugas (21 centrifugas automáticas y 17 centrifugas continuas), para todas las tareas de mantenimiento. Utilizando la metodología de observación directa e integrándola con la información provista por el ingeniero de centrifugas y los trabajadores, se determinaron las actividades realizadas en cada tarea y se obtuvo el tiempo promedio estimado para cada actividad.

La metodología utilizada para obtener las actividades realizadas en cada tarea de mantenimiento y sus respectivos tiempos estimados fue la siguiente:

1. Entrevista con el ingeniero de centrifugas y el responsable de ejecutar la tarea de mantenimiento, sobre el contenido general de la tarea y actividades específicas a realizar, se obtiene también información sobre los materiales, repuestos y herramientas a utilizar.
2. Se inicia la ejecución de las actividades y la información es recopilada utilizando el formato de ordenes de trabajo mostrado en la figura No. 15, pág. No. 75.
3. Por medio de observación directa, se obtiene la información de la ejecución real de la tarea y las actividades específicas realizadas en la misma. En cada actividad se realiza medición de tiempo estimado.
4. Se identifican las fuentes más comunes de retrasos en el transcurso de las actividades y se mide el tiempo de duración de las mismas.

A continuación se detallan los datos obtenidos según la metodología descrita:

Mantenimiento general centrífugas. El mantenimiento mecánico general de equipos centrífugos, incluye el desmontaje, revisión, reparación y montaje de los distintos sistemas componentes, tales como:

- Desacople de motor
- Desmontaje y reparación de sistema de frenos
- Desmontaje y reparación de cubierta y válvulas
- Desmontaje y reparación de tela y contrátela
- Desmontaje de orquilla y control de carga
- Desmontaje y reparación de arado, eje de transmisión y cabezal
- Desmontaje y reparación de sistema de compuerta
- Mantenimiento de carcasa, canasto y tapadera
- Nivelación de bancazo

Las tablas VI y VII resumen la información obtenida para la tarea de mantenimiento mecánico de centrífugas automáticas y los respectivos tiempos estimados promedio de cada actividad.

Tabla VI. Actividades del mantenimiento mecánico general de centrífugas automáticas y tiempos estimados promedio de ejecución

No. de actividad.	Descripción	Tiempo estimado (hrs.).
1.	Desacoplar y Trasladar Motor	4
2.	Desmontaje de Sistema de Frenos	2
3.	Desmontaje de Cubierta y Válvula	1
4.	Remontar tela y contra tela	1
5.	Desmontar Orquilla y Control de carga	1
6.	Desmontar Arado	1
7.	Desmontar Eje de Transmisión y Cabezal	5
8.	Desmontaje Sistema de compuerta	3
9.	Mantenimiento Carcaza, Canasto y tapadera Drip	6
10.	Nivelar Bancazo	2
11.	Mantenimiento y montaje de cabezal y eje de	20
12.	Mantenimiento y Montaje del sistema del Arado	17
13.	Mantenimiento y Montaje de Orquilla y Control de	10
14.	Mantenimiento y Montaje Sistema de compuerta	13
15.	Montaje de Tela y Contrátela	4
16.	Montaje de Cubierta y Válvulas	2
17.	Mantenimiento y Montaje Sistema de Frenos	4
18.	Montaje del Motor	4

Fuente: investigación EPS.

Tabla VII. **Actividades del mantenimiento mecánico general de centrífugas continuas y tiempos estimados promedio de ejecución**

No. de actividad.	Descripción	Tiempo estimado (hrs.).
1.	Desmontaje Válvula de Cuchilla y Cilindro hidráulico	4
2.	Desmontaje Válvula Reguladora y carrizo con magnético	2
3.	Desmontaje de Cubiertas de inspección	1
4.	Desmontaje del Cabezal	1
5.	Desmontaje del Motor eléctrico	1
6.	Desmontar Telas	1
7.	Mantenimiento Válvula de Cuchilla	5
8.	Mantenimiento de Cilindro Neumático	3
9.	Mantenimiento Válvula Reguladora de carga y Carrizo	6
10.	Mantenimiento Cubierta de inspección, Cono y Tazón	2
11.	Mantenimiento de la Canasta	20
12.	Mantenimiento del Cabezal	17
13.	Limpieza y pintura de carcasa	10
14.	Mantenimiento de Tubería y Strainer	13
15.	Revisión General de Estructura y Anclaje Centrífuga	4
16.	Montaje de Cabezal y Amortiguadores	2
17.	Montaje y Verificación de Nivel de Canasta	4
18.	Montar Cubiertas de inspección	4
19.	Montaje Sistema de alimentación	4
20.	Instalación de Tubería y Mangueras	2
21.	Mantenimiento y nivelación de Bancazo	1
22.	Montaje de Motor eléctrico	1
23.	Acoplar Centrífuga	1

Fuente: investigación EPS.

Entelaje de centrífugas. El entelaje de centrífugas es una tarea de instalación, revisión y consiste en la instalación de la tela metálica en la estructura de la canasta del equipo.

Tabla VIII. **Actividades del mantenimiento mecánico de entelaje de centrífugas y tiempos estimados de ejecución**

No. de actividad	Descripción	Tiempo estimado (hrs.).
1.	Revisión de Estructura	1
2.	Montaje de Tela	6
3.	Prueba Final	1

Fuente: investigación EPS.

Mantenimiento sistema de lubricación de centrífugas

Consta de la revisión de depósitos y tanques de aceite, revisión de líneas, conexiones de aceite (pruebas hidrostáticas), mantenimiento de bombas de lubricación y filtros.

La tabla IX muestra el desglose y ordenamiento de las actividades acompañadas de sus respectivos tiempos estimados de ejecución.

Tabla IX. **Actividades del mantenimiento mecánico de sistema de lubricación y tiempos estimados de ejecución**

No. de actividad	Descripción	Tiempo estimado (hrs.).
1.	Mantenimiento y Revisión de tanque aceite	2
2.	Mantenimiento y Revisión de líneas y conexiones aceite	8
3.	Mantenimiento bombas lubricación	10
4.	Revisión de filtros	1

Fuente: investigación EPS.

Mantenimiento eléctrico general

El mantenimiento eléctrico incluye la revisión y reparación de todos los elementos eléctricos de mando, fliponeras, conexiones de motor e incluye una prueba final de todos los sistemas eléctricos. La distribución de las actividades se presenta a continuación:

Tabla X. **Actividades del mantenimiento eléctrico general de centrífugas y tiempos estimados de ejecución**

No. de actividad	Descripción	Tiempo estimado (hrs.).
1.	Mantenimiento de contactores	4
2.	Mantenimiento e instalación de válvulas selenoides	2
3.	Mantenimiento de mando	1.5
4.	Mantenimiento Fliponera	2
5.	Líneas de conexión de motor	2.5
6.	Prueba de funcionamiento equipo eléctrico	2

Fuente: investigación EPS.

Mantenimiento de motor eléctrico centrífugas

El motor eléctrico es el sistema básico que provee de movimiento y fuerza centrífuga al equipo, por tanto uno de los componentes críticos del sistema, su revisión incluye la revisión inicial del estado del motor, cojinetes, embobinado revisión de partes, armado y prueba final. La tabla XI muestra las actividades realizadas y sus respectivos tiempos estimados.

Tabla XI. **Actividades del mantenimiento eléctrico de motores de centrífugas y tiempos estimados de ejecución**

No. de actividad	Descripción	Tiempo estimado (hrs.).
1.	Prueba inicial	0.4
2.	Limpieza y desarme	0.7
3.	Limpieza de embobinado	1.5
4.	Limpieza y revisión de partes	0.9
5.	Armar y probar	0.5
6.	Prueba inicial	0.4

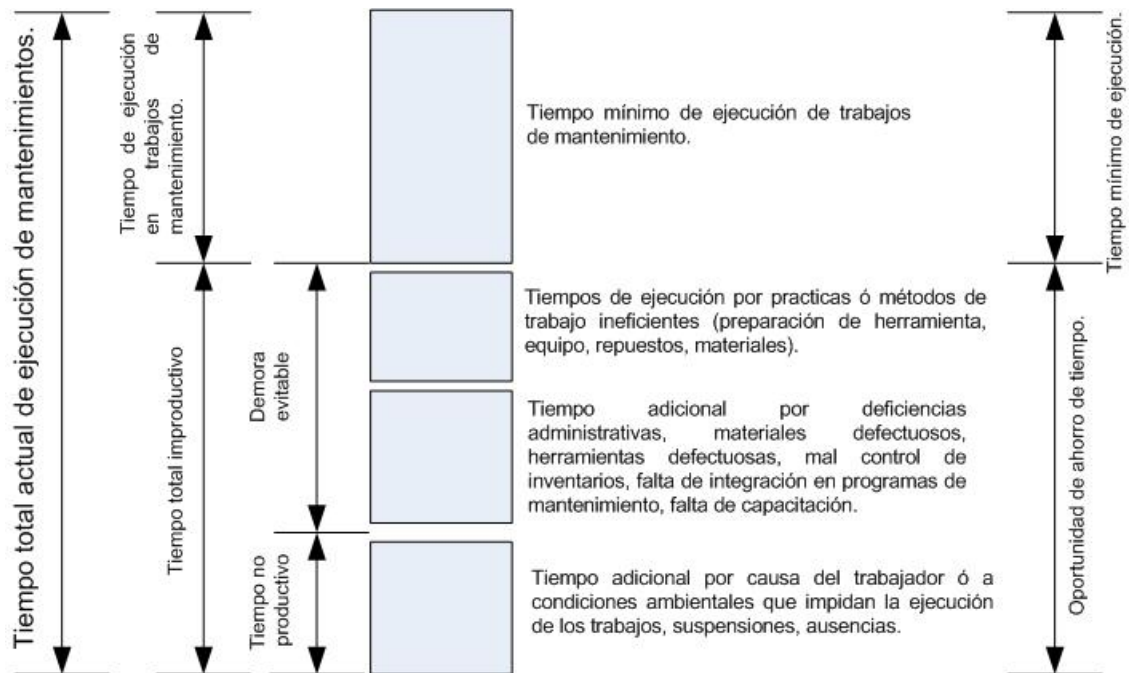
Fuente: investigación EPS.

Las actividades presentadas anteriormente, son base fundamental a ser incluida en la estructura de las ordenes de trabajo, dotando así de orden y control al sistema de mantenimiento.

Tipificación de retrasos observados

La ejecución de la metodología propuesta para la obtención de actividades y tiempos estimados, contempla en el tercer y cuarto paso la observación directa y la identificación de fuentes de retraso. La figura No. 14 muestra la distribución observada de los tiempos de ejecución de mantenimiento y las oportunidades de ahorro de tiempo, obtenida por observación durante la ejecución de actividades de mantenimiento.

Figura 14. **Distribución observada de tiempos de ejecución de mantenimiento**



Fuente: investigación EPS.

La tabla XV, muestra la distribución de tiempo improductivo, para los períodos 2005-2006, en el departamento de centrifugas.

Las fuentes de retraso identificadas fueron clasificadas por el tipo de paro de la siguiente forma:

1. **Tiempo no productivo:** bajo esta clasificación se encuentran el tiempo adicional al tiempo de ejecución, causado por condiciones ambientales que impiden la ejecución de las actividades o que retrasan seriamente las mismas. También se encuentran las condiciones imprevistas asignables al

trabajador como ausencias y suspensiones. Esta clasificación representa una oportunidad de ahorro de tiempo, pero requiere de inversión para desarrollar infraestructuras que provean las condiciones necesarias para minimizarlo. Por ejemplo: contratación de personal suplente, construcción de facilidades que permitan trabajar en condiciones ambientales adversas etc.

2. Demora evitable: esta clasificación encierra los tiempos causantes de demora con mayor potencial de reducción. Estos incluyen entre otros, el tiempo adicional por deficiencias administrativas, materiales o repuestos defectuosos, falta de herramienta, deficiente manejo de inventarios, falta de integración de programas de mantenimiento o tareas imprevistas, falta de capacitación etc.

Para cada tipo de paro, se observaron las fuentes más comunes de retraso, las cuales fueron clasificadas y tipificadas, con el fin de facilitar la recopilación de información en las ordenes de trabajo.

La tabla XII, muestra la clasificación de fuentes de retraso realizada durante la observación de la ejecución de los trabajos de mantenimiento, realizados a la totalidad de los equipos del departamento de centrífugas.

4.4. Descripción de los formularios de ordenes de trabajo

Los formularios de ordenes de trabajo, compilan toda la información necesaria para la realización de mantenimientos preventivos. Sirven como una guía al personal que ejecuta los trabajos ya que indica las actividades a realizar

y como instrumento para recopilar información valiosa que ayuda a monitorear y controlar la ejecución del mantenimiento.

Tabla XII. **Descripción y codificación de paros de trabajo**

Código de paro	Nombre	Tipo de paro	Descripción
1.	Lluvia	Tiempo no productivo	Paro de trabajo debido a condiciones ambientales que impidan la realización de las actividades.
2.	Falta de herramienta	Demora evitable	Paro de labores por falta de herramienta adecuada para la realización del trabajo.
3.	Trabajos pendientes de taller mecánico	Demora evitable	Paro por espera de trabajos de taller mecánico para continuar las actividades.
4.	Suspensión	Tiempo no productivo	Interrupción de las actividades por suspensión del trabajador.
5.	Ausencia	Tiempo no productivo	Suspensión de actividades por ausencia del trabajador responsable de la tarea.
6.	Falta de repuestos	Demora evitable	Paro de trabajo por falta de repuestos.
7.	Tareas no programadas.	Demora evitable	Detención del trabajo de mantenimiento por realización de actividades que no pertenecen a la tarea de mantenimiento.

Fuente: investigación EPS.

Existen dos tipos de formularios de ordenes de trabajo, el de ejecución y el de supervisión. El de ejecución es entregado al mecánico responsable de ejecutar la tarea de mantenimiento, el de supervisión es entregado al jefe o supervisor del área con el fin de servir como una herramienta de supervisión y control de la actividad de mantenimiento.

En el área industrial del ingenio se realizan distintos tipos de mantenimiento, tales como: mantenimientos a equipos generales, montajes y desmontajes de equipo, mantenimiento a válvulas y calentadores y mantenimiento a paneles de control de motores. Cada tipo de mantenimiento tiene un formulario específico de ejecución y supervisión.

4.4.1. Formularios de operarios

Con la información obtenida en los títulos anteriores, se logró compilar toda la información necesaria para el mejoramiento de las ordenes de trabajo. Los formularios de operarios constituyen los diseños propuestos como herramienta para proveer información a los ejecutores de los trabajos de mantenimiento y a la vez obtener toda la información sobre como se llevaron a cabo estas tareas y las oportunidades de mejora existentes.

4.4.1.1. Formulario de mantenimiento

Los formularios de tareas de mantenimiento, se diseñaron para contener toda la información necesaria para la ejecución de las actividades, así como el orden en el que éstas deben ejecutarse. Estos formularios constan de varias partes tales como:

Formulario de supervisión

Identificación de la empresa y departamento: provee información sobre la empresa y el departamento en el que se genera la orden de trabajo.

Encabezado e información de la tarea: apartado en el que se muestra la información referente a la tarea de mantenimiento, código de tarea, nombre,

código de equipo al que se realiza el mantenimiento y el nombre de la persona que programa el mantenimiento.

Descripción de la tarea: en esta área se describe en términos generales la tarea de mantenimiento a realizar. También incluye una lista con el orden lógico de las actividades a realizar para la ejecución del trabajo.

Materiales: denota todos los materiales que pueden ser utilizados para la ejecución del trabajo. Este apartado sirve particularmente para controlar cantidades específicas de materiales, prever inventarios y proporciona datos exactos para el costeo de la tarea de mantenimiento.

Mano de obra: esta área sirve para la recopilación de información sobre el personal que efectúa las actividades de mantenimiento y la duración real de las actividades. Este apartado también provee información sobre el tiempo esperado para la ejecución de las actividades de mantenimiento.

Código y duración de paros: este espacio registra el tipo y la duración de los diversos paros de trabajo ocurridos durante la ejecución de las actividades de mantenimiento.

La figura 15, muestra el formulario de ordenes de trabajo para la supervisión de las tareas de mantenimiento.

Figura 15. Formulario de ordenes de trabajo de mantenimiento para supervisión de tareas

Definición de Actividades		Texto Extendido	
1	Desacoplar y trasladar motor	1	
2	Desmontaje de sistema de frenos	2	
3	Desmontaje de cubierta y válvula	3	
4	Desmontar tela y contra tela	4	
5	Desmontar orquilla y control de carga	5	
6	Desmontar arado	6	
7	Desmontar eje de transmisión y cabezal	7	
8	Desmontaje sistema de compuerta	8	Caja de cervo, cilindros y drip pan.
9	Mantenimiento carcaza, canasto y tapadera drip pan	9	Revisión, soldadura y limpieza.
10	Nivelar bancazo	10	
11	Mantenimiento y montaje de cabezal y eje de transmisión	11	
12	Mantenimiento y montaje del sistema del arado	12	
13	Mantenimiento y montaje de orquilla y control de carga	13	Realizar calzado si es necesario. Revisión de soporte.
14	Mantenimiento y montaje de sistema de compuerta	14	Caja de cervo, cilindros y drip pan.
15	Montaje de tela y contratela	15	
16	Montaje de cubierta y válvulas	16	
17	Mantenimiento y montaje sistema de frenos	17	
18	Montaje del motor	18	

Materiales necesarios					
Descripción	Unidad	Cantidad	Cod. almacén	#Vales	
CUP 021178 DWG. 4-CY-13-N WESTERN STAT	Unidad	2		357	
CAMROL CFH-2(CFH-2S) WESTERN STAT	Unidad	1		344	
RAM (FOR DISCHARGER WITH SHOE) CD-813-D12	Unidad	1		265	
Tela perforada de bronce 0.027 Hor 35-31/32x153 (48x36x7)	Unidad	1		552	
Contratela 5 mesh 0.054x35-7/8" x153 (48x36x7)	Unidad	1		549	
Contratela 8 mesh 0.054x35-7/8" x153 (48x36x7)	Unidad	1		550	
Cojinete 7318 B SKF	Unidad	2		9330	
Cojinete 22219C SKF	Unidad	1		9691	
Valve lter supporte ass BV-101-N-1-A W.S.	Unidad	1		445	
Spray nozzle A y C -690 U1	Unidad	1		492	

Actividad	Tipo Mano de Obra	Codigo de trabajador que efectúa la actividad	Duración estimada (hrs.)	Duración real (hrs.)	Paros	
					Código de paro	Duración de paro (hrs.)
1	Mecánico 1 / Ayudante		4			
2	Mecánico 1 / Ayudante		2			
3	Mecánico 1 / Ayudante		1			
4	Mecánico 1 / Ayudante		1			
5	Mecánico 1 / Ayudante		1			
6	Mecánico 1 / Ayudante		1			
7	Mecánico 1 / Ayudante		5			
8	Mecánico 1 / Ayudante		3			
9	Mecánico 1 / Ayudante		6			
10	Mecánico 1 / Ayudante		2			
11	Mecánico 1 / Ayudante		20			
12	Mecánico 1 / Ayudante		17			
13	Mecánico 1 / Ayudante		10			
14	Mecánico 1 / Ayudante		13			
15	Mecánico 1 / Ayudante		4			
16	Mecánico 1 / Ayudante		2			
17	Mecánico 1 / Ayudante		4			
18	Mecánico 1 / Ayudante		4			

Observaciones:

Fecha de inicio de tarea	Fecha de finalización de tarea	Nombre de responsable:
		Firma conformidad de trabajo:

Fuente: investigación EPS.

Formulario de ejecución

El formulario de ejecución de tareas de mantenimiento, se diseñó con una estructura similar al formulario de supervisión, con la excepción del área de materiales.

Esta orden de trabajo se utiliza principalmente para la obtención de la información primaria, en ella detalla el operador toda la información sobre el tiempo de ejecución de las actividades y los paros ocurridos durante las mismas.

A continuación se definen las partes del formulario de ordenes de trabajo para ejecución de actividades:

Encabezado e información de la tarea: muestra la información referente a la tarea de mantenimiento, código de tarea, nombre, código de equipo al que se realiza el mantenimiento y el nombre de la persona que programa el mantenimiento.

Estatus de tarea: recopila información sobre el estado de la tarea, puede ser abierta o cerrada.

Descripción de la tarea: lista el orden lógico las actividades a realizar para la ejecución del trabajo. En esta área el trabajador debe anotar fecha y hora, al iniciar y finalizar de cada actividad. En el área de observaciones puede anotar cualquier observación o dificultad al realizar el trabajo.

Paros: este espacio registra el tipo y la duración de los diversos paros de trabajo ocurridos durante la ejecución de las actividades de mantenimiento.

La figura 16, muestra un formulario de ordenes de trabajo para la supervisión de las tareas de mantenimiento.

4.4.1.2. Formulario de desmontajes y montajes

El formulario de montajes y desmontajes es muy similar al de mantenimiento, su diferencia radica en que cuando se realizan montajes ó desmontajes no se conocen las actividades a realizar, ya que éstas dependen del tipo de montaje. Por tanto el formulario de montajes y desmontajes no lista las actividades a ser realizadas, éstas deben ser escritas por el trabajador a medida que se realizan las actividades.

La figura 17, muestra el diseño básico del formulario de ordenes de trabajo para desmontajes y montajes.

4.4.1.3. Formulario de válvulas y calentadores

Este formulario posee las características básicas de los presentados anteriormente, su diferencia radica en que en el apartado de descripción de tarea, se presenta una lista de chequeo, que identifica todas las válvulas que existen en el equipo. En la parte inferior del área se presentan las actividades en orden lógico para efectuar mantenimiento a válvulas o calentadores. (Ver figura 18.).

Figura 16. **Formulario de ordenes de trabajo de mantenimiento para**



INGENIO SANTA ANA
DIVISION INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
ORDEN DE TRABAJO

Nombre código: IRM210711001501
 Nombre tarea: Mantenimiento centrífuga automática #12.
 Código del equipo: 0711-0015
 Planificador: Ing. Carlos González

Breve descripción de la tarea.
 Mantenimiento mecánico a centrífuga automática #17.

Actividades		# Vales	Inicio		Termino		Observaciones
No.	Descripción.		Fecha	Hora	Fecha	Hora	
1	Desacoplar y trasladar motor						
2	Desmontaje de sistema de frenos						
3	Desmontaje de cubierta y válvula						
4	Desmontar tela y contra tela						
5	Desmontar orquilla y control de carga						
6	Desmontar arado						
7	Desmontar eje de transmisión y cabezal						
8	Desmontaje de sistema de compuerta						
9	Mantenimiento carcasa, canasto y tapadera drip pan						
10	Nivelar bancazo						
11	Mantenimiento y montaje de cabezal y eje de transmisión						
12	Mantenimiento y montaje de sistema de arado						
13	Mantenimiento y montaje de orquilla y control de carga						
14	Mantenimiento y montaje de sistema de compuerta						
15	Montaje de tela y contratela						
16	Montaje de cubierta y válvulas						
17	Mantenimiento y montaje de sistema de frenos.						
18	Montaje de motor.						

PAIROS

# Actividad.	Código del Paro	Inicio		Termino		Observaciones
		Fecha	hora	Fecha	hora	

Código Trabajador
 Firma Entrega de Trabajo

ejecución de tareas

Fuente: investigación EPS.

Figura 17. Formulario de desmontajes y montajes

Definición de Actividades		Texto Extendido				
1		1				
2		2				
3		3				
4		4				
5		5				
6		6				
7		7				
8		8				
9		9				
10		10				
11		11				
12		12				
13		13				
14		14				
15		15				
16		16				
17		17				
18		18				

Materiales necesarios					
Descripción	Unidad	Cantidad	Cod. almacén	#Vales	


Actividad	Tipo Mano de Obra	Código de trabajador que efectúa la actividad	Duración estimada (hrs.)	Duración real (hrs.)	Paros	
					Código de paro	Duración de paro (hrs.)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Observaciones:

Fecha de inicio de tarea	Fecha de finalización de tarea	Nombre de responsable:
		Firma conformidad de trabajo:

Fuente: investigación EPS.

Figura 18. Formulario de válvulas y calentadores


		INGENIO SANTA ANA DIVISION INDUSTRIAL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TAREAS MANTENIMIENTO PROGRAMADO				
Nombre código:	IRM207706004803					
Nombre tarea:	Mantenimiento válvulas filtro de cachaza # 6					
Código del equipo:	706-0048					
Planificador:	Ing. Carlos Gonzalez					
Breve descripción de la tarea.						
Mantenimiento de válvulas de:						
		#E	Entrada	#S	Salida	
	Alto vacío					
	Bajo vacío					
	Alimentación					
	Drenaje					
	Aqua caliente					
	Trampa sistema vacío					
Definición de actividades			Texto extendido			
1	Desmontar válvula	1				
2	Limpieza de elementos	2				
3	Inspección de elementos	3				
4	Ascentar válvula - calibración	4				
5	Montaje de válvula	5				
Materiales						
	Descripción	Unidad	cantidad	cod. almacen	# VALES	
	Anti seize 133 K 8 onz	bote	1	17524		
	Pasta esmeril G-80	Unidad	1	8048		
	Pasta de pulir fina y ordinaria	Unidad	1	21103		
	Wippe	lb	1	17402		
	Lija de aqua 180	pliego	3	8091		
Mano de Obra						
Válvula	Tipo mano de obra	Código efectuó mantenimiento	Duración esperada (hrs)	Duración real (hrs)	Código paro	Duración paro
Alto vacío	Mecánico E		8			
Bajo vacío	Mecánico E		8			
Alimentación	Mecánico E		8			
Drenaje	Mecánico E		8			
Aqua caliente	Mecánico E		4			
Trampa sistema vacío	Mecánico E		8			
Observaciones						
Fecha de inicio tarea		Fecha de final tarea		Nombre responsable :		
				Firma conformidad trabajo		

Fuente: investigación EPS.

4.4.1.4. Formulario de CCM's (centro de control de motores).

Los formularios para revisión y reparación de centros de control de motores, son similares a los formularios de reparación de válvulas. Estos listan por equipo los elementos eléctricos a revisar.

Figura 19. Formulario de CCM's

		INGENIO SANTA ANA DIVISIÓN INDUSTRIAL				
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TAREAS MANTENIMIENTO PROGRAMADO						
Nombre código:	IRM207706004803					
Nombre tarea:	Mantenimiento valvulas Filtro de cachaza # 6					
Código del equipo:	0706-0048					
Planificador:						
Breve Descripción de la tarea.						
Mantenimiento de CCM's de:						
		Fliponera	Variador	Cables	Accesorios	
Definición de actividades	Centrifuga C 1					
	Centrifuga C 2					
	Centrifuga C 3					
	Centrifuga C 4					
	Centrifuga C 5					
	Centrifuga C 6					
Texto extendido						
1	Prueba Inicial	1				
2	Limpieza e inspección de elementos	2				
3	Reparación o cambios	3				
4	Prueba final	4				
5	Limpieza de panel	5				
Materiales						
	Descripción	Unidad	cantidad	cod. Almacen	# VALES	
	LIMIT SWITCH E50ANR1 CUTLER HAMMER	Unidad	1	17524		
	ROTARY LEVER OPERATOR E-50-KL-547 CUTL	Unidad	1	8048		
	CONTACT BLOCK 1NC-1NO 10250T1 CUTLER H	Unidad	1	21103		
	RAM (FOR DISCHARGER WITH SHOE) CD-813	Unidad	1	17402		
	HUBELL PILOT DUTY SPEED SWITCH 2210-133C	Unidad	1	8091		
	Teflon de 1/2"	Unidad	1	1535		
	Wippe	Unidad	1	1565		
	Cinta de aislar 33, 3M	Unidad	1	3326		
Mano de Obra						
Equipo	Tipo mano de obra	Código efectuó mantenimiento	Duración esperada	Duración Real (hrs)	Código paro	Duración paro
Centrifua C 1	Mecánico E		8			
Centrifua C 2	Mecánico E		8			
Centrifua C 3	Mecánico E		8			
Centrifua C 4	Mecánico E		8			
Centrifua C 5	Mecánico E		8			
Centrifua C 6	Mecánico E		8			
Observaciones						
Fecha de inicio tarea		Fecha de final tarea		Nombre Responsable :		
				Firma Conformidad Trabajo		

Fuente: investigación EPS.

4.5. Determinación de los índices de medición a utilizar

La base fundamental del sistema de mantenimiento por medio de ordenes de trabajo, es el análisis de la información recopilada en base a éstas.

Los índices de medición a evaluar son los siguientes:

Tiempo ejecutado total

Es el tiempo total en hrs. que ha sido utilizado para la ejecución de las tareas de mantenimiento, e indica la cantidad de horas hombre utilizadas en el trabajo de mantenimiento, durante la época de reparación. Este dato es recolectado directamente de las ordenes de trabajo, el mismo es ingresado por el personal que realiza la actividad y corroborado por el supervisor del trabajo.

La tabla XIII, muestra el resultado de los datos recopilados durante la época de reparación para los años 2005 y 2006, para mantenimientos realizados a 17 centrífugas continuas y 21 centrífugas automáticas.

$$TET = \sum_1^n TE$$

Donde:

n= número de equipos

TE= tiempo ejecutado por tarea

TET= tiempo ejecutado total

Porcentaje de cumplimiento por tarea

Índice que indica el cumplimiento total de la tarea en relación al tiempo estimado para su ejecución. Es la razón del tiempo ejecutado y el tiempo estimado.

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\text{Tiempo ejecutado}}{\text{Tiempo esperado}} \times 100 \%$$

Un porcentaje de cumplimiento mayor del 100%, aún cuando la tarea no ha sido cerrada, indica una lenta ejecución del mantenimiento y deben observarse las causas del retardo.

Tabla XIII. **Tiempo total ejecutado departamento de centrífugas**

	Año 2005	Año 2006
Centrífuga automática - 21 unidades		
Nombre de tarea	Tiempo ejecutado (hrs.)	
Mantenimiento mecánico general	2 209,41	1 990,59
Entelado	254,69	165,31
Nombre de tarea	Tiempo ejecutado (hrs.)	
Mantenimiento eléctrico general	930,30	749,70
Mantenimiento de motor eléctrico	155,40	96,60
Total centrífugas automáticas	3 549,80	3 002,20
Centrífuga continua - 17 unidades		
Nombre de tarea	Tiempo ejecutado (hrs.)	
Mantenimiento mecánico general	1 547,00	1 513,00
Entelado	206,18	133,82
Mantenimiento de sistema de lubricación	510,00	442,00
Nombre de tarea	Tiempo ejecutado (hrs.)	
Mantenimiento eléctrico general	379,10	300,90
Mantenimiento de motor eléctrico	126,31	77,69
Total centrífugas continuas	2 768,59	2 467,41
Gran total	6 318,38	5 469,62

Fuente: investigación EPS.

La tabla XIV, muestra información sobre los porcentajes calculados de cumplimiento de tareas para el departamento de centrífugas, obtenidos por medio de la información recopilada en las ordenes de trabajo.

Tabla XIV. **Porcentajes de cumplimiento por tareas, departamento de centrífugas período 2005-2006**

		Año 2005					Año 2006		
Centrífuga automática - tareas de mantenimiento mecánico y eléctrico.									
Nombre de tarea	No. de Unidades	Tiempo esperado (hrs.)	Tiempo esperado total (hrs.)	Tiempo ejecutado (hrs.)	% Cumplimiento por tarea	Tiempo ejecutado (hrs.)	% Cumplimiento por tarea	% Cumplimiento por tarea	
Mantenimiento mecánico general	21	100,00	2 100,00	2 209,41	105%	1 990,59	95%		
Entelado		10,00	210,00	254,69	121%	165,31	79%		
Nombre de tarea		Tiempo esperado (hrs.)	Tiempo esperado total (hrs.)	Tiempo ejecutado (hrs.)	% Cumplimiento por tarea	Tiempo ejecutado (hrs.)	% Cumplimiento por tarea	% Cumplimiento por tarea	
Mantenimiento eléctrico general	21	40,00	840,00	930,30	111%	749,70	89%		
Mantenimiento de motor eléctrico		6,00	126,00	155,40	123%	96,60	77%		
Centrífuga continua - tareas de mantenimiento mecánico y eléctrico.									
Nombre de tarea	No. de Unidades	Tiempo esperado (hrs.)	Tiempo esperado total (hrs.)	Tiempo ejecutado (hrs.)	% Cumplimiento por tarea	Tiempo ejecutado (hrs.)	% Cumplimiento por tarea	% Cumplimiento por tarea	
Mantenimiento mecánico general	17	90,00	1 530,00	1 547,00	101%	1 513,00	99%		
Entelado		10,00	170,00	206,18	121%	133,82	79%		
Mantenimiento de sistema de lubricación	17	28,00	476,00	510,00	107%	442,00	93%		
Nombre de tarea			Tiempo esperado (hrs.)	Tiempo esperado total (hrs.)	Tiempo ejecutado (hrs.)	% Cumplimiento por tarea	Tiempo ejecutado (hrs.)	% Cumplimiento por tarea	% Cumplimiento por tarea
Mantenimiento eléctrico general	38,00	20,00	340,00	379,10	112%	300,90	89%		
Mantenimiento de motor eléctrico		6,00	102,00	126,31	124%	77,69	76%		
Total / Promedio		310,00	5 894,00	6 318,38	113,9%	5 469,62	86,1%		

Fuente: investigación EPS.

Tabla XV. Índice de tiempo improductivo período 2005-2006
departamento de centrifugas

Código de paro	Nombre	Tipo de paro	Tiempo de paro total 2005 (hrs).	Tiempo total ejecutado año 2005 (hrs).	Índice de tiempo improductivo 2005	Tiempo de paro total 2006 (hrs).	Tiempo total ejecutado año 2006 (hrs).	Índice de tiempo improductivo 2006
1.	Lluvia	Tiempo no productivo	260	6 318,384	4,11%	180	5 469,616	3,29%
2.	Falta de herramienta	Demora evitable	396	6 318,384	6,27%	34	5 469,616	0,62%
3.	Trabajos pendientes de taller mecánico	Demora evitable	245	6 318,384	3,88%	45	5 469,616	0,82%
4.	Suspensión	Tiempo no productivo	335	6 318,384	5,30%	218	5 469,616	3,99%
5.	Ausencia	Tiempo no productivo	180	6 318,384	2,85%	172	5 469,616	3,14%
6.	Falta de repuestos	Demora evitable	304,5	6 318,384	4,82%	25	5 469,616	0,46%
7.	Tareas no programadas.	Demora evitable	80	6 318,384	1,27%	50	5 469,616	0,91%
Total demoras evitables			1 025,5	6 318,384	16,23%	154	5 469,616	2,82%
Total tiempo no productivo			775	6 318,384	12,27%	570	5 469,616	10,42%
Tiempo total de paro			1 800,5	6 318,384	28,50%	724	5 469,616	13,24%
Reducción tiempo de paro 2005-2006 (28,50%-13,24%)			15,26%					

Fuente: investigación EPS.

Índice de tiempo improductivo

Indicador de las pérdidas de tiempo en paros (Tiempos no productivos y demoras evitables) en ejecuciones de tareas de mantenimiento. Este valor es de gran ayuda para determinar acciones correctivas en cuanto al desempeño del recurso humano.

$$\text{Índice de tiempo improductivo} = \frac{\text{tiempo total de paros}}{\text{tiempo total de ejecución}}$$

La tabla XV, muestra la distribución del tiempo improductivo tabulado en base a la información recopilada por las ordenes de trabajo para el período 2005-2006.

En la tabla puede observarse que respecto al año 2005 y 2006, existe una reducción en el tiempo improductivo por paros de trabajo de 15,26%, al realizar la resta de los totales anuales de los índices de tiempo improductivo.

Costo de mantenimiento por tarea

El costeo de las tareas específicas de mantenimiento, es importante para la planeación y administración del mantenimiento. El costo del mantenimiento por tarea compila los tres elementos del costo extraídos de las ordenes de trabajo, que sumados proporcionan el costo de la tarea.

En la orden de trabajo se recopila la información sobre las horas hombre utilizadas (mano de obra), los materias directos utilizados, materiales indirectos

a ésto se suma el costo de supervisión e insumos y se obtiene el costo de mantenimiento por tarea.

4.6. Costeo por medio de ordenes de trabajo

4.6.1. Aplicación de los elementos del costo a la orden de trabajo

Una de las principales aplicaciones del sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo, es la posibilidad de realizar un cálculo específico de la tarea de mantenimiento por medio de la información recopilada en las ordenes de trabajo. De esta forma se puede prever de manera más exacta el presupuesto de mantenimiento por área o por equipo.

La orden de trabajo recopila información cuantitativa sobre gastos del mantenimiento, tomando en cuenta los tres elementos del costo.

4.6.1.1. Materiales

En las ordenes de trabajo de supervisión se presenta el apartado de materiales el cual lista los materiales que probablemente serán utilizados para la tarea. El supervisor debe anotar únicamente la cantidad de materiales utilizados, esta información es utilizada por el departamento de mantenimiento para cuantificar el total del costo por concepto de materiales directos.

4.6.1.2. Mano de obra

La información sobre el tiempo ejecutado por tarea, indica la cantidad de horas hombre utilizadas en la ejecución específica del mantenimiento. Esta información combinada con los datos del salario por hora de los trabajadores totaliza el costo por concepto de mano de obra en la ejecución de la tarea de mantenimiento.

4.6.1.3. Costos indirectos

Los costos indirectos más comunes son: gastos de supervisión, energía eléctrica utilizada etc. Estos rubros son estimados por el departamento de administración mantenimiento tomando en cuenta la supervisión con un 20% del tiempo total ejecutado de la tarea, la energía eléctrica se cuantifica por medio de contadores eléctricos.

La tabla XVI, muestra la tabulación de los datos de costo para el mantenimiento de máquinas centrífugas durante el período 2005-2006.

Tabla XVI. Cálculo de costos obtenidos por medio de ordenes de trabajo, período 2005-2006

		Año 2005			Año 2006		
		Centrifuga automática - 21 unidades			Centrifuga automática - 21 unidades		
Nombre de tarea	Materiales y repuestos	Mano de obra	Costos indirectos	Materiales y repuestos	Mano de obra	Costos indirectos	
Mantenimiento mecánico general Entelado	Q.30 245,00 Q.15 340,00	Q.89 089,11 Q.10 269,68	Q.29 696,37 Q.3 423,23	Q.28 340,00 Q.14 560,00	Q.80 265,73 Q.6 665,81	Q.26 755,24 Q.2 221,94	
Nombre de tarea	Materiales y repuestos	Mano de obra	Costos indirectos	Materiales y repuestos	Mano de obra	Costos indirectos	
Mantenimiento eléctrico general	Q.8 320,00	Q.37 512,10	Q.12 504,03	Q.7 545,00	Q.30 229,84	Q.10 076,61	
Mantenimiento de motor eléctrico	Q.5 600,00	Q.6 266,13	Q.2 088,71	Q.5 743,00	Q.3 895,16	Q.12 98,39	
Total centrifugas automáticas	Q.59 505,00	Q.143 137,02	Q.47 712,34	Q.56 188,00	Q.121 056,53	Q.40 352,18	
		Centrifuga continua - 17 unidades			Centrifuga continua - 17 unidades		
Nombre de tarea	Materiales y repuestos	Mano de obra	Costos indirectos	Materiales y repuestos	Mano de obra	Costos indirectos	
Mantenimiento mecánico general Entelado	Q.32 600,00 Q.15 360,00	Q.62 379,03 Q.8 313,55	Q.20 793,01 Q.2 771,18	Q.30 470,00 Q.14 525,00	Q.61 008,06 Q.5 396,13	Q.20 33602 Q.1 798,71	
Mantenimiento de sistema de lubricación	Q.3 200,00	Q.20 564,52	Q.6 854,84	Q.3 250,00	Q.17 822,58	Q.5 940,86	
Nombre de tarea	Materiales y repuestos	Mano de obra	Costos indirectos	Materiales y repuestos	Mano de obra	Costos indirectos	
Mantenimiento eléctrico general	Q.8 250,00	Q.1 5286,29	Q.5 095,43	Q.7 840,00	Q.12 133,06	Q.4 044,35	
Mantenimiento de motor eléctrico	Q.5 200,00	Q.5 093,15	Q.1 697,72	Q.5 743,00	Q.3 132,66	Q.1 044,22	
Total centrifugas continuas	Q.64 610,00	Q.111 636,53	Q.37 212,18	Q.61 828,00	Q.99 492,50	Q.33 164,17	
Gran total		Q.46 381306			Q.412 081,38		

Fuente: investigación EPS.

4.7. Base de datos para el manejo de la información

Debido a la cantidad de información que genera el sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo, es necesario para elevar la eficacia del sistema, la creación de una base de datos que relacione todos los datos retroalimentados y los convierta en información a ser analizada por el departamento de administración de mantenimiento.

La base de datos debe ser diseñada con una estructura sólida, para evitar repitencia de datos y así mejorar la calidad de la información. Para el análisis de la información recopilada en este proyecto de EPS, fue necesaria la creación de una base de datos relacional, en el programa ACCESS, que cumple con las necesidades básicas del sistema.

Figura 20. **Presentación de base de datos relacional, utilizada en el sistema de mantenimiento**



Fuente: investigación EPS.

4.8. Importancia de una base de datos para el manejo de información

Con el avance de la tecnología, se hace más necesaria la utilización de las herramientas, para el mejoramiento de la productividad de los sistemas, y debido al ámbito competitivo mundial es necesaria la actualización tecnológica y utilización de los sistemas disponibles. Las bases de datos proporcionan a las organizaciones herramientas ideales para cubrir todas las necesidades de gestión. En este caso las bases de datos proporcionan una herramienta adecuada para la conversión de datos en información y análisis de ésta para la toma de decisiones en el momento adecuado.

Sin una base de datos es muy probable que la información obtenida en base a las ordenes de trabajo, no este lista en el momento adecuado para la toma de decisiones. Es decir que la información no se presenta al ingeniero encargado del área, cuando ésta se necesite. De ser así, la función básica del sistema no se cumpliría, por tal motivo la creación de una base de datos que maneje de forma eficiente los datos es crucial para el buen funcionamiento del sistema de mantenimiento.

4.9. Estructura de la base de datos aplicada al sistema de mantenimiento

La planificación de la estructura de la base de datos, en particular de las tablas, es vital para la gestión efectiva de la misma. El diseño de la estructura de una tabla consiste en una descripción de cada uno de los campos que componen el registro y los valores o datos que contendrá cada uno de esos campos.

El principal aspecto a tener en cuenta durante el diseño de una tabla es determinar claramente los campos necesarios, definirlos en forma adecuada con un nombre especificando su tipo y su longitud.

La base de datos del sistema consta de 8 tablas relacionadas entre si, las cuales se definen a continuación:

Tabla tarea: guarda toda la información básica, referente a la tarea de mantenimiento. Esta compuesta por los campos siguientes:

- Nombre de tarea
- Código de activo al que se realiza la tarea
- Descripción
- Fecha inicio
- Fecha de fin
- Estatus de la tarea
- Porcentaje de avance

Tabla actividad: almacena toda la información referente a la actividad, tal como nombre y código de actividad.

Tabla actividad – tarea: tabla que sirve para relacionar las tablas de tarea y actividad. En esta tabla se realiza la asignación de actividades a una tarea de mantenimiento, por medio de las llaves primarias de cada tabla.

Tabla madre (ATPE): relaciona toda la información de las tablas existentes en la base de datos. En esta tabla se almacena la información referente a la persona que realiza la tarea de mantenimiento, el departamento, fecha, duración real de la tarea o actividad, duración de paros de trabajo etc.

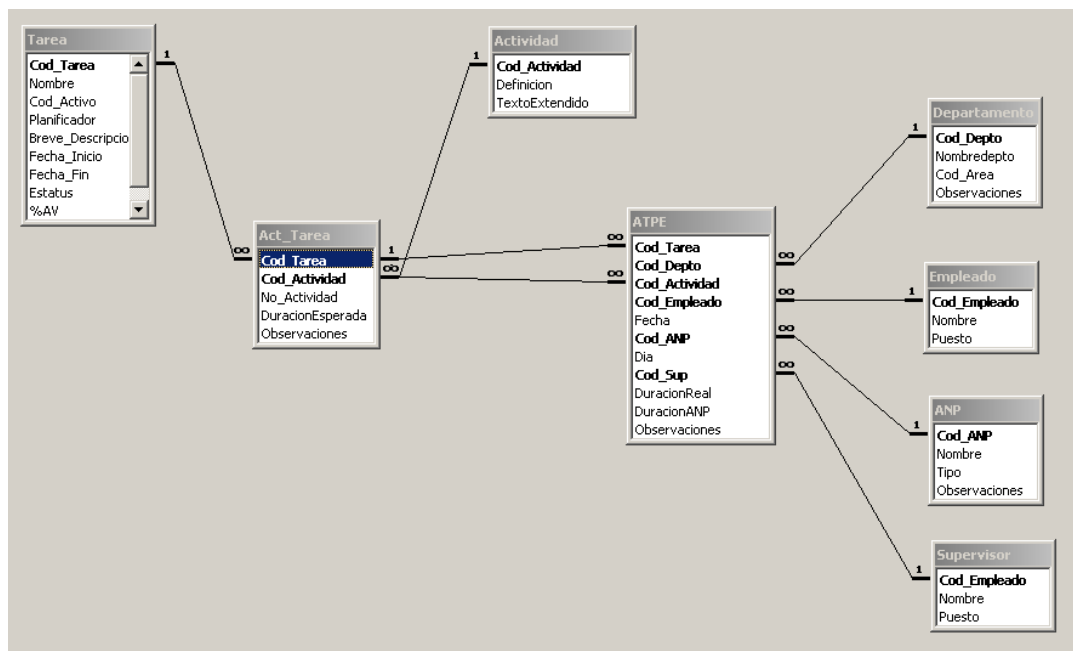
Tabla departamento: almacena información referente al departamento en que se realiza la tarea.

Tabla empleado: utilizando los campos de código de empleado, nombre, puesto, salario * hora, esta tabla almacena los datos necesarios sobre la mano de obra.

Tabla supervisor: almacena los datos sobre el supervisor asignado a la tarea de trabajo.

A continuación se presenta la estructura relacional de la base de datos:

Figura 21. **Diagrama de relaciones, base de datos del sistema de mantenimiento**



Fuente: investigación EPS.

4.10. Retroalimentación y mantenimiento de la información

Retroalimentación de la información

Los datos son de suma importancia para el funcionamiento de la base de datos y estos son provistos por ordenes de trabajo. Esta información es generada día con día, por tal motivo es necesaria la retroalimentación de los datos de forma continua, para mantener el sistema de administración de mantenimiento actualizado. De esta forma la información generada en cualquier momento será información exacta, confiable y pertinente.

La retroalimentación de la información debe ser supervisada por el administrador del sistema, que pueda velar por el correcto funcionamiento de la base de datos, la actualización de los datos y la generación y entrega de la información para análisis.

Mantenimiento de la información

Los sistemas informáticos son vulnerables, las constantes fallas eléctricas, variaciones de voltajes, virus de computador pueden causar deterioro de los componentes y resultante pérdida de información. Por tal motivo es necesario realizar respaldos de datos diarios de la información contenida en el sistema. Se recomienda el respaldo en medios móviles, como discos duros externos, memorias usb, cintas o cd's, etc.

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

5.1. Análisis de costos por paradas en el ingenio

Es importante cuantificar los costos relacionados a paradas del ingenio, para tener una idea de la importancia de la ejecución correcta de las actividades de mantenimiento.

5.1.1. Determinación del costo por hora parada del ingenio

El costo por hora del ingenio parado es la sumatoria de los costos por suspensión de molienda y fábrica, generación eléctrica dejada de producir, más pérdida de caña cortada (infecciones de caña), más mano de obra, costo del azúcar no producida en molino y fábrica.

La tabla XVII, muestra el desglose de los costos asociados en una hora de paro en el ingenio.

Tabla XVII. Costo por hora parada del ingenio

Rubro	Cantidad (Q.)	
Mano de obra (total ingenio)	Q	2,162.00
Costos de oportunidad		
Energía no Generada (45MWh)	Q	6,267.98
Azúcar no Molida (149942 lbs/hr)	Q	32,055.78
Costos Indirectos		
Energía eléctrica consumida	Q	2,193.79
Penalizaciones (no generación)	Q	2,000.00
Perdida de caña	Q	1,199.54
Total	Q	45,000

Fuente: investigación EPS.

5.2. Análisis de los costos del proyecto

Gastos de implementación del proyecto

En la siguiente tabla se detallan los gastos necesarios para la implementación del sistema de mantenimiento por medio de ordenes de trabajo.

Tabla XVIII. Gastos de implementación del sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo

	Costo	
	Inicial	Mensual
Material y Equipo		
Papelería y Útiles	Q 400,00	Q 130,00
Equipo de computo	Q 12 000,00	
Mano de Obra	Q 10 000,00	Q 10 000,00
Gastos Varios		
Imprevistos 10%	Q 4 340,00	Q 4 340,00
Software	Q 5 000,00	
Total:	Q 31 740,00	Q 14 470,00

Fuente: investigación EPS.

Para la implementación del sistema de mantenimiento es necesaria la contratación de 3 personas. Un ingeniero administrador del proyecto y dos digitadores de datos al sistema. También es necesaria la compra de 3 equipos de cómputo, papelería y equipo.

Ahorros debidos al sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo:

Reducción del tiempo improductivo evitable: como resultado de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo por ordenes de trabajo, pudo lograrse una reducción del tiempo improductivo debido a causas asignables del 13,43%. En comparación con los años anteriores en época de reparación.

La tabla No. XV indica la existencia de un aumento del tiempo productivo del 15,2 %, debido a la implementación del sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo, que provocó un aumento en las supervisiones de las tareas de mantenimiento, el mejoramiento en la programación de las actividades y el aumento de control por parte del departamento de mantenimiento.

El área de ingenio fábrica cuenta con alrededor de 57 trabajadores, devengando de forma mensual un total de Q 114 000,00 aproximadamente.

A continuación se muestra la proyección del ahorro mensual debido a la implementación del sistema de ordenes de trabajo.

Tabla XIX. **Proyección de ahorro mensual debido a reducción del tiempo improductivo por demoras evitables**

	Costo aproximado de mano de obra. período mensual	Aumento de tiempo productivo	Proyección de costo de aumento de tiempo productivo
Área de Ingenio Fábrica.	Q 114 000,00	15,2%	Q 17 328,00

Fuente: investigación EPS.

Los registros del departamento administrativo muestran que en años anteriores se tuvo al menos 1 hora de paro por problemas mecánicos en área de centrífugas, para época de zafra. En el 2006 según datos proporcionados por el departamento de administración de mantenimiento no se tuvieron paros por desperfectos mecánicos en el área de centrífugas.

5.3. Recuperación de la inversión

A continuación se presentan los datos necesarios para el cálculo de la recuperación de la inversión en meses:

Tabla XX. **Costos y ahorros ponderados mensuales**

	Total Anual	Ponderado Mensual
Costo total del proyecto	Q 190 910,00	Q 15 909,00
Ahorros proyectados*	Q 235 608,00	Q 19 634,00

Fuente: investigación EPS.

* Tomando en cuenta alta calidad de mantenimiento y cero horas de paro de ingenio en área de centrifugas.

Para obtener el costo total del proyecto se realizó la suma de la inversión inicial (Q.31 740,00) y 11 meses de costos mensuales (11 * Q.14 470,00), descritos en la tabla No. XVIII Gastos de implementación del sistema de mantenimiento. Los ahorros proyectados son resultado de la proyección de 11 meses de ahorro por aumento de tiempo productivo (Q.17 328,00) y ahorro de gastos por mejoramiento de la calidad de mantenimiento evitando paro de ingenio (Q.45 000), datos descritos en las tablas XVII y XIX.

El costo total del proyecto es de Q. 190 910,00 se divide esta cantidad entre el ahorro proyectado mensual de Q. 19 634,00 para obtener el número de meses necesarios para recuperar la inversión, esta división indica que son necesarios 9,72 meses para recuperar la inversión.

5.4. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, da una idea de la tasa que iguala la suma de flujos descontados a la inversión inicial. Por medio de ésta se puede tener un índice indicativo de la factibilidad del proyecto. Para proyectos de implementación en los que existe inversión y reducción de costos (ahorros) se utiliza el flujo de caja incremental, el cual lista los costos de inversión, los ahorros de costos y la diferencia ó incremento existente entre los mismos. La tabla XXI presenta la distribución del flujo de caja incremental para el proyecto de implementación del sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo.

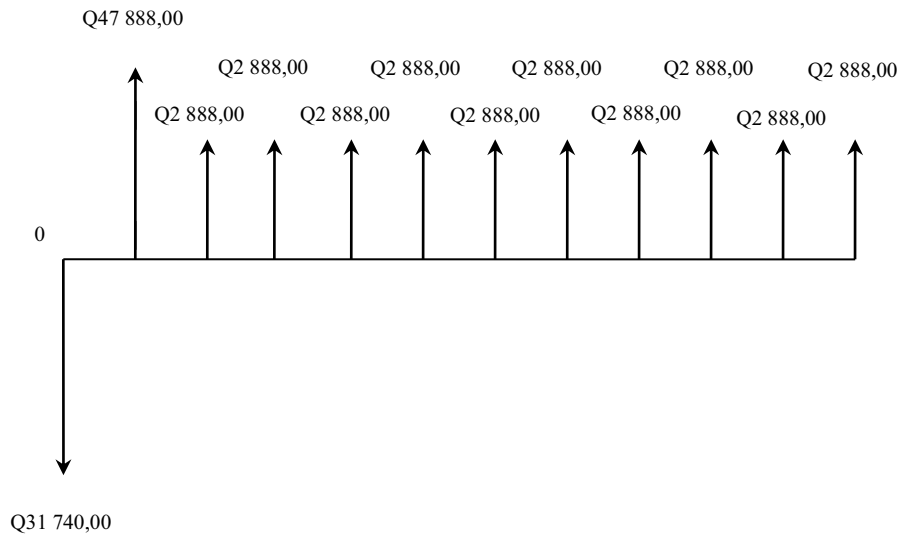
Tabla XXI. **Flujo de caja incremental, implementación del proyecto**

Mes	Inversión (implementación del proyecto).	Ahorros de costos.	Flujo de caja
Noviembre (2005)	-Q31 740,00	Q0,00	-Q31 740,00
Diciembre (2005)	-Q14 440,00	Q62 328,00	Q47 888,00
Enero (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00
Febrero (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00
Marzo (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00
Abril (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00
Mayo (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00
Junio (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00
Julio (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00
Agosto (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00
Septiembre (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00
Octubre (2006)	-Q14 440,00	Q17 328,00	Q2 888,00

Fuente: investigación EPS.

La figura 22, muestra el diagrama de flujo de efectivo del proyecto.

Figura 22. **Diagramas de flujo de efectivo del proyecto**



Fuente: investigación EPS.

Cálculo de la tasa interna de retorno:

$$V_p = - \text{Egresos (costos de inversión)} + \text{incrementos(ahorros)} = 0$$

$$0 = - 31,740 + \frac{47,888.00}{(1+i)^1} + \frac{2,888.00}{(1+i)^2} + \frac{2,888.00}{(1+i)^3} + \frac{2,888.00}{(1+i)^4} + \frac{2,888.00}{(1+i)^5} + \frac{2,888.00}{(1+i)^6} + \frac{2,888.00}{(1+i)^7} + \frac{2,888.00}{(1+i)^8} + \frac{2,888.00}{(1+i)^9} + \frac{2,888.00}{(1+i)^{10}} + \frac{2,888.00}{(1+i)^{11}}$$

Donde $i = 65\%$.

El valor de la tasa interna de retorno de $i=65\%$. Si se fija como rendimiento mínimo aceptable, la tasa de inflación proyectada del año 2006 para Guatemala (8,57%), utilizando el criterio de aceptación propuesto por el método TIR el proyecto resulta ser factible ya que la tasa interna de retorno es mayor que la tasa de rendimiento mínima aceptable.

5.5. Retorno sobre la inversión

Utilizando los datos mostrados en la tabla XX, se calcula el retorno sobre la inversión (ROI) = (Ahorros-Inversión) / Inversión = (Q 235 608-Q 190 910) / Q 190 910 = 0,23%

Retorno sobre la Inversión (ROI) = 23%.

El retorno sobre la inversión del 23%, indica que existe rentabilidad al invertir dinero en el proyecto, ya que se recuperará 23% más del capital invertido en el mismo.

5.6. Beneficio – costo

El método de análisis de costo beneficio tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de la rentabilidad de un proyecto mediante la comparación de los costos previstos, con los beneficios esperados en la realización del mismo. Una relación alta de beneficio costo indica una solución factible.

Beneficio – costo = beneficios / costos = Q 235 608 / Q 190 910 = 1,23

El índice de beneficio costo de 1,23, indica una muy buena calificación del proyecto, desde el punto de vista beneficio costo el proyecto es factible.

5.7. Análisis del resultado

Recuperación sobre la inversión: la inversión a realizar es fácilmente recuperable, se necesitan 10 meses aproximadamente para recuperar la inversión.

Tasa interna de retorno: el ingenio tiene como política tasas medias aceptables de retorno mayores al 30%. El análisis de la TIR para el proyecto de implementación del sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo da un resultado de TIR = 65 %, 35% mas del la política de inversiones, si se compara el valor de la TIR con la tasa de inflación se encuentra una diferencia positiva del 59,21%. Por tanto desde el punto de vista de la tasa de retorno el proyecto es completamente factible.

Retorno sobre la inversión: la tasa de retorno sobre la inversión (ROI), es un estimado del beneficio alcanzado sobre la cantidad de dinero gastada para la implementación del proyecto. En este caso se alcanza una tasa de retorno (ROI) del 11%, la cual indica un atractivo beneficio sobre la inversión realizada. El proyecto desde el punto de vista del ROI, es factible.

Relación Beneficio-Costo: como medida de la rentabilidad del proyecto la relación beneficio costo alcanzada del 1,23 indica que el proyecto genera mas beneficios en relación al gasto realizado. Desde el punto de vista Beneficio-Costo el proyecto es factible.

CONCLUSIONES

1. Se diseñaron e implementaron ordenes de trabajo para las tareas de mantenimiento identificadas. Dichas ordenes proveen información sobre las distintas actividades de mantenimiento y los tiempos estimados promedio de ejecución. Las ordenes de trabajo actúan como medio de obtención de información importante sobre la ejecución de las actividades de mantenimiento.
2. Se identificaron y cuantificaron las fuentes de tiempo improductivo en la ejecución de las actividades de mantenimiento. La implementación del sistema de mantenimiento por medio de ordenes de trabajo logro reducir el tiempo total improductivo de 28,5% (año 2005) a 13,24% (año 2006), es decir una reducción de 15,26% de tiempo improductivo total.
3. Con utilización de las ordenes de trabajo diseñadas, como herramientas de obtención de información sobre la ejecución de los mantenimientos, se logró cuantificar y minimizar los costos asociados a la ejecución de actividades de mantenimiento de Q 463 813,06 (año 2005) a Q 412 081,33 (año 2006), es decir 11,15% de ahorro en costos de mantenimiento.
4. Desde el punto de vista económico, según análisis realizado en el capítulo 5, la implementación del sistema de mantenimiento por ordenes de trabajo resulta factible.

RECOMENDACIONES

A la Gerencia de División Industrial del Ingenio Santa Ana

1. Dar seguimiento al sistema de mantenimiento preventivo por medio de ordenes de trabajo en el área de centrífugas y considerar su ampliación a todas las áreas del ingenio. Este sistema prueba ser una herramienta que mejora la calidad de los mantenimientos, mejora el orden en la programación de las tareas de mantenimiento, ayuda a reducir los tiempos improductivos, mejora la supervisión de los mantenimientos y es económicamente un proyecto factible.
2. Realizar reuniones mensuales de presentación de los índices de medición a los ingenieros encargados de área, para que en conjunto con el Departamento de Administración de Mantenimiento se pueda analizar los datos y crear estrategias de mejora de índices de mantenimiento.
3. Realizar la implementación de objetivos alcanzables en lapsos de tiempo regulares, y la verificación trimestral del desempeño respecto a los objetivos impuestos. Esta actividad debe ser ejecutada en paralelo con un sistema de incentivos no financieros y financieros que premien el alcance de los objetivos, como parte del sistema de mejora continua.

A los integrantes del departamento de Administración de Mantenimiento

4. Mantener la información recopilada por medio de las ordenes de trabajo, actualizada en el sistema de base de datos, para que el cálculo en tiempo real de los índices de medición proporcione información actualizada y exacta.
5. Realizar respaldos de información de los datos almacenados en la base de datos del sistema, de forma semanal para evitar pérdidas de información.

BIBLIOGRAFÍA

1. AFRE FRANCO, José Jorge. “Aplicación del costeo por ordenes de trabajo para la producción de textiles típicos”. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 118 p.
2. ÁLVAREZ HIGUEROS, Mario Roberto. “Consideraciones para el diseño de un transportador de caña en la industria azucarera”. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. 114 p.
3. BACA URBINA, Gabriel. “*Evaluación de proyectos*”. Hernandez, Felipe (ed.); Arellano Bolio, Lourdes (rev.); 4a ed. México: McGraw-Hill, 2001. 383 p. ISBN: 970-10-3001-X.
4. GAITÁN RAMOS, Byron Estuardo. “Organización, administración y programación del taller de mantenimiento en la planta procesadora de mariscos, Pesca S.A. ubicada en el puerto de Champerico, Retalhuleu”. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 1999. 248 p.
5. KENDALL, Kenneth. E.; KENDALL, Julie. “*Análisis y diseño de sistemas*”. Trujano Mendoza, Guillermo (ed.); Alanis, Macedonio (rev.); Núñez Ramos, Antonio (trad.); 6a ed. México: Pearson Educación, 2005. 752 p. ISBN: 970-26-0577-6.

6. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11a ed. México: Alfaomega, 2000. 745 p. ISBN: 970-15-0993-5.
7. RAMOS MEJÍA, Héctor Estuardo. "Propuesta para la optimización de costos con reducción de tiempo improductivo del personal operativo en el departamento de mantenimiento y el departamento eléctrico de un ingenio en su fase de reparación". Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 139 p.
8. SACALXOT PAC, Juan Alejandro. "Planes de operación y mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria en las áreas de patio de caña, molienda y generación de vapor del Ingenio Tulula, S.A., ubicado en San Andrés Villa Seca, Retalhuleu". Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 1998. 100 p.
9. SALGUERO CASTILLO, Edwin Danilo. "Diseño e implementación de un programa de lubricación parte de un programa de mantenimiento preventivo en un ingenio azucarero y su aplicación práctica en el ingenio Guadalupe". Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 152 p.
10. SAPAG CHAIN, Nassir; SAPAG CHAIN, Reinaldo. *Preparación y evaluación de proyectos*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1989. 390 p. ISBN: 968-422-045-6.

11. THEODORE, Baumeister; AVALLONE, Eugene. *Manual del Ingeniero Mecánico*. 10a ed. New York: McGraw-Hill, 1996. 2080 p. ISBN: 0-07-004997-1.