ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y en Ciencias de la Producción

"Auditoría del Sistema de Aire Comprimido en una Empresa de Textiles"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIEROS MECÁNICOS

Presentada por:

Marcelo David Murillo Montenegro
Luis Miguel Toscano Guerrero

Guayaquil - Ecuador

2011

AGRADECIMIENTO

A Dios por estar siempre presente en nuestras vidas.

A nuestros padres por su apoyo incondicional, sus sabios consejos y firmes valores que nos motivaron para alcanzar responsablemente nuestras metas.

A nuestros compañeros de trabajo, que nos brindaron su apoyo en el desarrollo de este tema, en especial al Ing. Mauricio Bastidas.

Agradecemos a la ESPOL, a nuestro Director Ing. Ernesto Martínez L. y al Ing. Gonzalo Zabala O., por haber colaborado en la realización de esta obra.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestros padres y familiares como una muestra de cariño y gratitud hacia ellos.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Marcelo David Murillo Montenegro

Luis Miguel Toscano Guerrero

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE LA TESIS

Ing. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

RESUMEN

El presente tema se realizó en las instalaciones de una industria textil, dedicada a la elaboración de tela, donde se evaluó el sistema de aire comprimido tanto desde el lado de la generación como el de la demanda.

Esta planta industrial está situada en la ciudad de Guayaquil cuyas condiciones ambientales son 101 KPa. de presión atmosférica con clima tropical húmedo que tiene una humedad relativa del 75% a una temperatura media de 30 ºC.

La planta industrial se encuentra dividida en cuatro áreas principales a conocer, área de texturizado, área de tejeduría, área de lavado-tinturado-plegado, y por último el área de termofijado; en el área de texturizado están dos máquinas texturizadoras donde preparan las bobinas de filamento de poliéster obteniendo así hilo texturizado, el cual se utiliza en tejeduría; en el área de tejeduría se encuentra una máquina urdidora y las máquinas de tejer que son las que forman la tela; en el área de lavado-tinturado y plegado están las máquinas que emplean vapor para lavar las telas y tinturarlas, además de una máquina centrifugadora que elimina el agua de las telas tinturadas y una máquina plegadora que estira y dobla la tela; en el área de termofijado están las máquinas que preparan la tela que va a ser comercializada, planchándola y eliminando toda la humedad de la misma.

En la empresa no se han ejecutado mediciones del consumo energético real debido a la generación del aire comprimido, como tampoco se tiene establecida la eficiencia de la red de distribución y sus pérdidas.
El sistema de generación de aire comprimido está compuesto por dos compresores, de los cuales uno está presentando inconvenientes debido a la falta de mantenimiento preventivo.

El objetivo principal de esta tesis de grado, consiste en determinar mediante una Auditoría del sistema de aire comprimido, las condiciones actuales del mismo y en base a esto establecer las acciones requeridas para mejorar las condiciones actuales de generación, tratamiento y distribución del aire comprimido; de esta manera se permitirá determinar el uso eficiente de los recursos financieros de la Planta en base a los consumos y costos reales del aire comprimido.

Por medio de esta auditoría se va a desarrollar un estudio integral al sistema de aire comprimido, el mismo que permitirá, de manera técnica y cuantitativa, conocer las fortalezas y debilidades del sistema actual. La primera parte de esta auditoría es recolectar datos reales por medio de un datalogger para analizarlos y en función de esto determinar, la eficiencia y rentabilidad del sistema actual, además de hacer el levantamiento del sistema de aire comprimido ya que no se cuenta con planos actualmente. En la segunda parte

de esta auditoría se elaborará un sistema recomendado para la Planta industrial implementando las mejoras propuestas de acuerdo a las necesidades que presente esta auditoría en el caso de requerirlas.

Al final se entregará las recomendaciones a efectuar y los costos.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN……..…….II

ÍNDICE GENERAL……...V

ABREVIATURAS……...VIII

SIMBOLOGÍA……IX

ÍNDICE DE FIGURAS…….…..X

ÍNDICE DE TABLAS……..XII

ÍNDICE DE PLANOS……XIV

INTRODUCCIÓN……1

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO……3

1.1. Área de Texturizado…….……..…4

1.2. Área de Tejeduría……...8

1.3. Área de lavado, Tinturado y Plegado……11

1.4. Área de Termofijado……..…13

1.5. Diagrama de Flujo……16

CAPÍTULO 2

2. SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO……17

2.1. Sistema de Generación……...17

2.2. Sistema de Tratamiento de Aire Comprimido……..……...25

2.3. Sistema de Distribución de Aire Comprimido. ……...…43

2.4. Demanda Instalada de Aire Comprimido…….48

CAPÍTULO 3

3. AUDITORÍA DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO……..51

3.1. Normas a Aplicar en Auditoría……..…..….52

3.2. Plano Layout……..……57

3.3. Red de Distribución de Aire Comprimido ……58

3.4. Equipos Utilizados en la Auditoría…….59

3.4.1. Datalogger……...59

3.4.2. Detector Ultrasónico de Fugas…….……...61

3.5. Procedimiento de Recolección de Datos…….……63

3.6. Análisis y Evaluación de Resultados……..…..67

3.6.1. Determinación y Evaluación de Consumos Reales……....72

3.6.2. Determinación y Evaluación de Pérdidas…….81

CAPÍTULO 4

4. OPTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA

DE AIRE COMPRIMIDO PARA LA PLANTA……..….109

4.1. Mejoras en el Sistema de Generación. …….110

4.2. Mejoras del Sistema de Tratamiento……..113

4.3. Mejoras del Sistema de Distribución…….……117

4.4. Sistema recomendado para la Planta Industrial……..…122

4.5. Presupuesto Requerido para Implementar Mejoras……123

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS ECONÓMICO**.**……...125

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..129

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ABREVIATURAS

Amp	Amperio
BAR	Bar
BHP	Potencia al freno
ºC	Grado Celsius
CFM	Pies cúbicos por minuto
db	Decibel
ºF	Grado Fahrenheit
ft	Pie
ft^2	Pie cuadrados
ft^3	Pie cúbico
Gal	Galón
h	Hora
HP	Caballo de potencia
ºK	Grado Kelvin
Kg	Kilogramo
KJ	Kilojoul
KPa	Kilopascal
Kw	Kilowatt
Kwh	Kilowatt hora
lt	Litro
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
mA	Miliamperio
mg	Miligramo
min	Minuto
mm	Milímetro
ppm	Parte por millón
PSI	Libra sobro pulgada cuadrada
RPM	Revoluciones por minuto
s	Segundos
$	Dólar
"	Pulgada

SIMBOLOGÍA

A	Área
Comp1	Compresor 1
Comp2	Compresor 2
D-1	Distribuidor Principal
D-2	Distribuidor Tejeduría
Di	Diámetro interno
DN	Diámetro nominal
e	Rugosidad
E	Energía
f	Factor de fricción
Hf	Pérdida de carga
K	Coeficiente de calores específicos del aire
L-1	Línea 1
L-2	Línea 2
L-3	Línea 3
L-4	Línea 4
L-5	Línea 5
L-6	Línea 6
L	Longitud
Le	Longitud equivalente
Lt	Longitud total
$\dot{m}$	Flujo másico
M_v	Masa de vapor
P	Presión
P_g	Presión de saturación
P_v	Presión de vapor
ΔP	Diferencial de Presión
Q	Flujo
R	Constante de gas ideal para aire
Re	Numero de Reynolds
Lt	Litro
T	Temperatura
V	Volumen
$\dot{V}$	Flujo volumétrico
υ	Viscosidad dinámica
Z_1	Altura en el punto inicial
Z_2	Altura en el punto final
ϕ	Humedad relativa
Ø	Diámetro
ρ	Densidad

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Proceso de Texturizado……..6
Figura 1.2 Máquina de Prueba de Hilo Fak……...8
Figura 1.3 Obtención de Urdimbre……...9
Figura 1.4 Proceso de Anudado……10
Figura 1.5 Proceso de Pasado……...11
Figura 1.6 Lavado y Tinturado……...12
Figura 1.7 Área de Secado……13
Figura 1.8 Termofijadora……..14
Figura 1.9 Diagrama de Flujo de la Planta Textil……16
Figura 2.1 Compresores……18
Figura 2.2 Temperaturas del Cuarto del Compresor 1……..28
Figura 2.3 Humedad Relativa en el Cuarto del Compresor 1……...29
Figura 2.4 Volumen de Agua del Compresor 1……32
Figura 2.5 Porcentaje de Agua Debido al Compresor 1……33
Figura 2.6 Temperaturas del Cuarto del Compresor 2……...34
Figura 2.7 Humedad Relativa del Cuarto del Compresor 2……35
Figura 2.8 Volumen de Agua del Compresor 2……..39
Figura 2.9 Porcentaje de Agua Debido al Compresor 2……40
Figura 2.10 Cantidad de Agua que Circula en el Sistema……42
Figura 2.11 Porcentaje de agua del sistema……42
Figura 2.12 Sistema de Tratamiento de Aire Comprimido……..43
Figura 2.13 Distribuidor Principal……45
Figura 2.14 Tubería de Aire Comprimido Actual en las Áreas de Termofijadora y Fak……..46
Figura 2.15 Diagrama de Bloques del Sistema Actual……47
Figura 2.16 Medición en el Área de la Termofijadora……48
Figura 2.17 Demanda Instalada de Aire Comprimido……..50
Figura 3.1 Logair 3.0 Datalogger (6 canales)……...60
Figura 3.2 Logair 2.0 Datalogger (4 canales)……...62
Figura 3.3 Detector Ultrasónico de Fugas……62
Figura 3.4 Recolección de Datos Compresor 2……....64
Figura 3.5 Transductor de Presión…… ……..65
Figura 3.6 Transductor de Corriente ……65
Figura 3.7 Recolección de Datos Compresor 1……...66
Figura 3.8 Curva de Desempeño……...65
Figura 3.9 Costo de Energía del Mes de Diciembre……80
Figura 3.10 Porcentaje de Consumo de Energía del Mes de

Diciembre……..80
Figura 3.11 Fuga de Aire Comprimido en la Línea……81
Figura 4.1 Mejoras en el Distribuidor Principal de Aire……119
Figura 4.2 Esquema del Sistema de Distribución Propuesto……119
Figura 4.3 Bajante Tipo Cuello de Ganso……120
Figura 4.4 Esquema del Sistema de Distribución Actual……121
Figura 5.1 Porcentajes de Ahorro……...125

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla # 1 Máquinas Utilizadas en el Proceso……15
Tabla # 2 Descripción de Equipos de Generación de Aire……..18
Tabla # 3 Programa de Mantenimiento Preventivo de los Compresores a Tornillo…….....20
Tabla # 4 Descripción de Partes y Servicios Empleados en el Plan de Mantenimiento Anual…..……..23
Tabla # 5 Volumen de Agua Recolectado de los Drenes del Compresor 1 y sus Tanques pulmón en 90 minuto……..……..…32
Tabla # 6 Volumen de Agua que Circula en el Sistema en 1 Minuto……41
Tabla # 7 Descripción de Tanques y Distribuidores……45
Tabla # 8 Demanda Instalada de Aire Comprimido……49
Tabla # 9 Máximo Tamaño de Partículas y Concentración de Contaminantes Sólidos……..53
Tabla # 10 Máximo Punto de Rocío……..…53
Tabla # 11 Máximo Contenido de Aceite……..……....54
Tabla # 12 Clasificación de Fluidos……55
Tabla # 13 Tamaño de la Escritura Según el Diámetro de la Tubería……57
Tabla # 14 Paradas del Compresor 1……69
Tabla # 15 Condiciones de Sitio……..72
Tabla # 16 Datos de Fábrica de los Compresores……73
Tabla # 17 Rendimiento de los Compresores……74
Tabla # 18 Costos del Compresor 1 por minuto……76
Tabla # 19 Costos del Compresor 2 por minuto……77
Tabla # 20 Resumen del Sistema……...78
Tabla # 21 Fugas Detectadas en la Red de Aire Comprimido……..82
Tabla # 22 Longitud Equivalente de Accesorios de la Sección de la Termofijadora……90
Tabla # 23 Longitud Equivalente de Accesorios de la Sección de la Texturizadora 2…….....94
Tabla # 24 Hoja de Cálculo para la Sección de la Texturizadora 2…...…95
Tabla # 25 Longitud Equivalente de Accesorios de la Sección de Tejeduría…….……96
Tabla # 26 Hoja de Cálculo para la Sección de Tejeduría……..97
Tabla # 27 Longitud Equivalente de Accesorios de la Sección de Lavado-tinturado…… 98

Tabla # 28 Hoja de Cálculo para la Sección de Lavado-tinturado…… 99
Tabla # 29 Longitud Equivalente de Accesorios de la Sección de la Caldera 1……100
Tabla # 30 Hoja de Cálculo para la Sección de la Caldera 1……101
Tabla # 31 Longitud Equivalente de Accesorios de la Sección de la Caldera 2……102
Tabla # 32 Hoja de Cálculo para la Sección de la Caldera 2……..103
Tabla # 33 Longitud Equivalente de Accesorios de la Sección de la Texturizadora 1……..104
Tabla # 34 Hoja de Cálculo para la Sección de la Texturizadora 1……..105
Tabla # 35 Longitud Equivalente de Accesorios de la Sección de la Máquina FAK……106
Tabla # 36 Hoja de Cálculo para la Sección de la Máquina FAK……...107
Tabla # 37 Resumen de las Pérdidas de Presión de las Secciones…....108
Tabla # 38 Desempeño del Compresor SULLAIR 4509..……...110
Tabla # 39 Lista de Repuestos del Compresor 4509……..113
Tabla # 40 Lista de Repuestos del Compresor 2……113
Tabla # 41 Datos del Compresor 1……114
Tabla # 42 Datos del Compresor 2……115
Tabla # 43 Elementos a Utilizar en el Sistema de Tratamiento de Aire Comprimido……116
Tabla # 44 Comparación del Consumo de Energía Anual del Compresor 1 vs el Equipo Propuesto……....122
Tabla # 45 Cotización de Equipos, Accesorios e Instalación……123
Tabla # 46 Costo de Pérdidas e Inversión……...127

ÍNDICE DE PLANOS

Pág.

Plano D.1 Descripción de la Red de Aire
Plano D.2 Sistema de Generación
Plano D.3 Vista Superior de la Red y Consumidores
Plano D.4 Área de Calderas y Máquina FAK
Plano D.5 Área de Soldadura-Carpintería-Reparación
Plano D.6 Área de Lavadoras Tinturadoras
Plano D.7 Área de Taller Automotriz
Plano D.8 Área de Termofijado y Texturizado
Plano D.9 Área de Tejeduría
Plano D.10 Distribuidor Principal y Tanques Pulmón
Plano D.11 Distribuidor de Tejeduría
Plano D.12 Plano Layout
Plano D.13 Plano de Recorrido Actual

(Ver en apéndice D)