

 **PDF Complete**
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.
[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)



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

**LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LA RED DE AIRE
COMPRESIDO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 1, 2 Y 3; EN
LA PLANTA DE CEMENTOS PROGRESO, S.A., SAN MIGUEL,
SANARATE.**

**Werner José Portillo García
Asesorado por la Inga. Patricia de Lourdes Juárez Jiménez**

Guatemala, marzo de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LA RED DE AIRE
COMPRESO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 1, 2 Y 3; EN
LA PLANTA DE CEMENTOS PROGRESO, S.A., SAN MIGUEL,
SANARATE.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WERNER JOSÉ PORTILLO GARCÍA

ASESORADO POR INGA. PATRICIA DE LOURDES JUÁREZ JIMÉNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

Guatemala, marzo de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahám Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Inga. Patricia de Lourdes Juárez Jiménez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 1, 2 Y 3; EN LA PLANTA DE CEMENTOS PROGRESO, S.A., SAN MIGUEL, SANARATE.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 27 de agosto de 2003.

Werner José Portillo García

ACTO QUE DEDICO

A DIOS Y

LA VIRGEN

Por permitirme culminar mis estudios, por su amor y sus incontables bendiciones

A MIS PADRES

José Antonio Efraín Portillo García
Maria Andrea García de Portillo
por sus sabios consejos, cariño, paciencia y sacrificio

A MIS HERMANOS

Andrea Lorena Portillo de Álvarez
Marvin Efraín Portillo García
por su apoyo incondicional

A MIS CUÑADOS

Otilia de Portillo
Danilo Álvarez
por su confianza y apoyo

A MI SOBRINA

Andrea Alejandra Portillo Morales

A MIS TÍOS, PRIMOS Y FAMILIA EN GENERAL

Con cariño y respeto

A MIS COMPAÑEROS

Jacqueline López, Dora Villeda, Juan C. Godínez, y Jorge Mazariegos por su amistad y el apoyo brindado

A MIS AMIGOS DE CRISTO JOVEN

Por la amistad que nos une



AGRADECIMIENTOS

A MI PATRIA: GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA

A MI ASESORA

Ingeniera Patricia de Lourdes Juárez Jiménez

**A MIS PADRINOS
DE GRADUACIÓN**

Partera Profesional Miriam Portillo García
Médica Veterinaria Andrea Portillo García

**A INGENIERO
CECILIO BAEZA**

Por sus consejos y su valiosa amistad

A MIS CATEDRÁTICOS

Por darme los conocimientos necesarios

**A CEMENTOS PROGRESO, S.A. Y AL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO
DE MANTENIMIENTO MECÁNICO**

Por haberme dado la oportunidad y el apoyo para realizar el presente trabajo



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	o o	VII
GLOSARIO	o o	XI
RESUMEN	o o	XV
OBJETIVOS	o . o ..	XVII
INTRODUCCIÓN	o o	XIX
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	o o	1
1.1 Antecedentes históricos de Cementos Progreso, S.A.	o o o	1
1.2 Visión y Misión	o ...	2
1.3 Estructura organizacional	o .	2
1.4 Proceso y líneas de producción	o ..	5
1.5 Normas y herramientas	o o	10
1.5.1 Sistema de administración de calidad, (SAC)	o o o ..	11
1.5.2 Mantenimiento de cemento, (MAC)	o o o o o o o o	15
1.5.3 Sistema, aplicaciones y productos para el procesamiento de datos, (SAP)	o o o o o o o o o o	18
1.5.4 Códigos de activos Holcim, (HAC)	o o o o o o o o	19
1.5.5 Orden de trabajo	o ..	22
1.6 Funcionamiento del departamento de mantenimiento		
mecánico	o .	25
1.6.1 Misión y visión	o .	25
1.6.2 Estructura y funcionamiento del departamento	o o .	25
1.6.2.1 Responsabilidades en el mantenimiento	o o	27
1.6.2.2 Tipos de mantenimiento	o o o o o o o o o o	30
1.6.2.3 Subcontrataciones de trabajos de mantenimiento	o o o o o o o o o o o o o o o o o	36

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE AIRE COMPRIMIDO	39
2.1 Propósitos y métodos de la compresión del aire	39
2.1.1 Propósitos de la compresión del aire	39
2.1.2 Métodos de compresión	39
2.1.2.1 Flujo intermitente	39
2.1.2.2 Flujo continuo	40
2.2 Filtración de aire comprimido	41
2.2.1 Fundamentos del filtrado de aire	41
2.2.2 Tipos de filtración	43
2.3 Secado del aire comprimido	45
2.3.1 Importancia del secado	45
2.3.2 Tipos de secadores de aire comprimido	45
2.4 Sistema de producción de aire	47
2.4.1 Componentes del sistema de producción	47
2.4.1.1 Compresor	47
2.4.1.2 Post-enfriador	48
2.4.1.3 Tanque húmedo	48
2.4.1.4 Pre-filtro	48
2.4.1.5 Secador	48
2.4.1.6 Post-filtro	48
2.4.1.7 Tanque seco	49
2.5 Sistema de distribución de aire	49
2.5.1 Tipos de sistemas de distribución	49
2.6 Componentes del sistema de distribución	52
2.6.1 Tuberías	52
2.6.1.1 Clasificación de tuberías	52
2.6.1.2 Accesorios utilizados en tuberías	54
2.6.1.3 Métodos de instalación de tuberías	56
2.6.2 Mangueras	60
2.6.2.1 Construcción	61
2.6.2.2 Selección	62

3. SISTEMA ACTUAL DE OPERACIÓN DE LA RED DE

AIRE COMPRIMIDO EN PLANTA	63
3.1 Compresores	63
3.1.1 Tipos de compresores	63
3.1.2 Capacidades	64
3.1.3 Funcionamiento	65
3.1.4 Principios de operación	66
3.1.5 Mantenimiento	67
3.2 Accesorios	69
3.2.1 Válvulas	69
3.2.1.1 Tipos	69
3.2.1.2 Funcionamiento	72
3.2.1.3 Mantenimiento	74
3.2.2 Unidades de mantenimiento	75
3.2.2.1 Filtro	77
3.2.2.1.1 Función	78
3.2.2.1.2 Tipos	78
3.2.2.2 Regulador	79
3.2.2.2.1 Función	80
3.2.2.2.2 Tipos	80
3.2.2.3 Lubricador	81
3.2.2.3.1 Función	83
3.2.2.3.2 Tipos	83
3.2.2.4 Mantenimiento de las unidades de mantenimiento	83
3.2.2.5 Tarjetas de identificación (TAG´S)	84
3.2.2.5.1 Objetivo	84
3.2.2.5.2 Descripción	84
3.3 Sistema de distribución de aire utilizado en la planta	85
3.4 Código de colores utilizado en planta	85
3.5 Procedimiento del mantenimiento de la red de aire comprimido	88

4. PROPUESTA PARA EL REDISEÑO DE LA RED DE

DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	89
4.1 Diseño e implementación de planos según área de proceso .	89
4.2 Manual general de red de aire comprimido ò ò ò ò ò ò ò ò	105
4.2.1 Objetivo ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	105
4.2.2 Simbología ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	106
4.2.3 Uso y localización en los planos ò ò ò ò ò ò ò ò ò .	107
4.2.4 Funcionamiento de la TAG´S ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ...	108
4.2.5 Capacitación para uso del manual ò ò ò ò ò ò ò ò ..	110
4.3 Propuesta en aspectos de seguridad industrial para la red de aire comprimido ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	114
4.3.1 Objetivos y beneficios ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	114
4.3.2 Propuesta de señalización. ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	114
4.4 Propuesta de mantenimiento a la red de aire comprimido ò ..	117
4.4.1 Objetivo ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	117
4.4.2 Alcance ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	117
4.4.3 Análisis de tiempos en el mantenimiento ò ò ò ò ò ..	118
4.4.4 Rutina de mantenimiento ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò .	122
4.4.5 Hoja de inspección ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	124
4.4.6 Costo de implementación ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò .	125
4.5 Rediseño en la red de aire comprimido en el edificio de paletizadora ò	129
4.5.1 Requerimientos técnicos de la maquinaria y equipo que utiliza aire comprimido ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	129
4.5.2 Flujo de aire requerido ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	131
4.5.3 Cálculo de tubería ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	139
4.5.3.1 Selección de material para tubería ò ò ò ò ò .	145
4.5.3.2 Cédula de tubería ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	146
4.5.4 Diseño de tomas de aire ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ...	149
4.5.5 Cálculo de accesorios ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	151
4.5.6 Plano edificio paletizadora ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	151

4.5.7 Costos de la propuesta del rediseño de la red de aire comprimido	153
--	-----

5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN DE ACEITE EN EL AGUA DE ENFRIAMIENTO DE RETORNO EN LA PLANTA	155
5.1 Principios sobre contaminación por aceite	155
5.2 Causas y fuentes de la contaminación	158
5.3 Métodos de separación de aceite en agua	160
5.4 Efectos en el medio ambiente	170
CONCLUSIONES	177
RECOMENDACIONES	179
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	180
BIBLIOGRAFÍA	181



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama a nivel gerencial de Cementos Progreso.	3
2	Organigrama nivel operativo según área de canteraõ .	4
3	Esquema del proceso de elaboración de cemento en la planta San Miguel õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .õ ...	6
4	Flujo grama del proceso del funcionamiento del SAC ..	12
5	Enfoque del SAC õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .	13
6	Diagrama de proceso del SAC õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .	15
7	Pirámide MAC õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .	17
8	Áreas que comprende el sistema HAC õ õ õ õ õ õ ...	19
9	Estructura del código HAC õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	21
10	Representación de la hoja de trabajo õ õ õ õ õ õ õ .	23
11	Flujo de información de la orden de trabajo õ õ õ õ õ	24
12	Organigrama del Depto. de mantenimiento mecánico ..	26
13	Clasificación de los compresores õ õ õ õ õ õ õ õ õ .	41
14	Tamaño relativo de contaminantes õ õ õ õ õ õ õ õ ..	43
15	Representación gráfica de los métodos de filtración õ	44
16	Disposición de los componentes õ õ õ õ õ õ õ õ õ ..	47
17	Tipos de diseño de la red de aire comprimido õ õ õ ...	51
18	Accesorios para tubos de líneas de aire õ õ õ õ õ õ	54
19	Ramificación de las líneas neumáticas õ õ õ õ õ õ ..	57
20	Tipos de soldadura con arco o con gas õ õ õ õ õ õ .	57
21	Accesorios roscados õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ .	58
22	Tipos de uniones con bridas õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	59
23	Conexiones con tubo de pared delgada õ õ õ õ õ õ	60
24	Construcción de mangueras õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ õ	61

25	Ejemplo de funcionamiento del compresor <i>Atlas Copco</i> .	66
26	Vista frontal de los rotores de los compresores de tornillo.	66
27	Principio de operación del compresor de tornillo	67
28	Partes de una válvula de compuerta	74
29	Combinación de filtro, regulador y lubricador	76
30	Típica instalación de la unidad de mantenimiento	76
31	Partes del filtro de la unidad de mantenimiento	77
32	Partes de un regulador de presión	79
33	Efecto venturi, principio del lubricador	82
34	Partes de un lubricador para aire comprimido	83
35	Diseño de las TAG'S	84
36	Formato para recopilación de información	90
37	2do. nivel torre de ciclones 3	91
38	2do. A nivel torre de ciclones 3	92
39	3er. nivel torre de ciclones 3	93
40	4to. nivel torre de ciclones 3	94
41	5to. nivel torre de ciclones 3	95
42	6to. nivel torre de ciclones 3	96
43	7mo. nivel torre de ciclones 3	97
44	8vo. nivel torre de ciclones 3	98
45	9no. nivel torre de ciclones 3	99
46	10mo. nivel torre de ciclones 3	100
47	11vo. nivel torre de ciclones 3	101
48	12vo. nivel torre de ciclones 3	102
49	13vo. nivel torre de ciclones 3	103
50	14vo. nivel torre de ciclones 3	104
51	Diseño de las TAG'S colocadas en campo	109
52	Señalización para cuarto de compresores	114
53	Mapa de ubicación de señalización propuesto	115
54	Indicación de acceso restringido	116
55	Calcomanía de identificación de tubería	116
56	Cierre de válvula anterior a la unidad de mantenimiento	118

57	Desmontaje de la taza del filtro ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	119
58	Extracción del elemento filtrante ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	119
59	Limpieza de taza del filtro ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	120
60	Elemento filtrante ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	120
61	Colocación de la taza en el filtro ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	121
62	Apertura de válvula ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	121
63	Ficha de control de reemplazo de elementos filtrantes .	122
64	Diseño de hoja de inspección de aire comprimido ò ò .	124
65	Medidas utilizadas en los cilindros ò ò ò ò ò ò ò ò ò	133
66	Diseño de la red en área de paletizadora ò ò ò ò ò ò	140
67	Espesor de tubos con relación al número de cédula ò .	147
68	Diseño de tomas con separación de condensados ò ò	150
69	Diseño de tomas de aire para los equipos ò ò ò ò ò ...	150
70	Plano propuesto en el rediseño del edificio paletizadora	152
71	Estructura de los costos del aire comprimido ò ò ò ò ..	153
72	Tanques de agua de retorno para enfriamiento ò ò ò ..	158
73	Diagrama causa y efecto ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò .	159
74	Alambre total requerido para remoción de aceite ò ò ò	169
75	Tipo de filtro a presión para remoción de aceite ò ò ò ..	170

TABLAS

I	Alcance del SAC en planta San Miguel ..ò ò ò ò ò ò	13
II	Procesos del SAC ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò	14
III	Principales tipos de contaminantes ò ò ò ò ò ò ò ò ..	42
IV	Principios fundamentales de filtración ò ò ò ò ò ò ò .	44
V	Características de los secadores de aire ò ò ò ò ò ò	46
VI	Características de los sistemas de distribución de aire .	50
VII	Pérdida de presión en los accesorios de tubería expresada en metros equivalentes de tubería recta ò ..	55

VIII	Capacidades de los compresores <i>Atlas Copco</i> ò ò ò ..	64
IV	Actividades realizadas en el mantenimiento ò ò ò ò ò	68
X	Tipos de válvulas utilizadas en planta San Miguel ò ò .	70
XI	Funcionamiento de los diferentes tipos de válvulas ò ..	73
XII	Clasificación de los filtros de aire ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	78
XIII	Especificación de la aplicación del código de colores ò	87
XIV	Codificación para identificación de accesorios ò ò ò ò	106
XV	Código para identificar en los libros de TAG'S ò ò ò ò .	107
XVI	Información del contenido del libro de TAG'S ò ò ò ò ò	108
XVII	Libro de TAG'S torre de ciclones 3 ò ò ò ò ò ò ò ò ò .	111
XVIII	Cantidad de unidades de mantenimiento y filtros ò ò ò .	123
XIX	Total de la inversión en la red de aire ò ò ò ò ò ò ò ò .	126
XX	Reporte de paros por problemas de aire comprimido ò ..	127
XXI	Promedio de paros por mes en el área de despacho ò ..	128
XXII	Descripción de los equipos requeridos por la paletizadora	130
XXIII	Consumo de aire comprimido para cilindros neumáticos .	135
XXIV	Demanda de CFM de los cilindros neumáticos ò ò ò ò .	137
XXV	Pérdida de presión de aire en accesorios de tubería ò ...	142
XXVI	Longitud de accesorios para el área de paletizadora ò ...	142
XXVII	Factores de pérdida de presión debida a fricción en la tubería ò ...	143
XXVIII	Espesor de pared para tubería según número de cédula Y diámetro ò .	147
XXIX	Esfuerzo admisible de trabajo según el material ò ò ò ò	148
XXX	Accesorios para la tubería en paletizadora ò ò ò ò ò ò .	151
XXXI	Costos que intervienen en el rediseño de la red de aire comprimido en paletizadora ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ò ..	154

GLOSARIO

Aire húmedo	Se dice que un aire es húmedo, cuando su composición presenta un porcentaje apreciable de vapor de agua.
Aire	Gas incoloro e inodoro que está formado de varios gases, entre los que predominan el nitrógeno y el oxígeno.
Aviso PM	Documento en SAP que se utiliza para la notificación de condiciones y/o averías de los equipos.
Cemento UGC	Cemento para uso general en la construcción.
CFM	Consumo de aire, pies cúbicos por minuto.
<i>Clinker</i>	Material artificial con propiedades hidráulicas, que se obtiene de la transformación de carbonato de calcio y óxidos de sílice, aluminio, hierro y magnesio en un horno rotatorio.
FAPS	Sistema de gestión financiera y administrativa de proyectos, ej. SAP.
HAC	Código de activos Holcim, sistema de codificación que permite localizar un activo.
HG	Hierro galvanizado, para tuberías.

ICP	Guía para presentación de los costos de inversiones.
KIP´s	Indicadores clave de desempeño.
Lacustres	Relativo a los lagos
Libro de TAG´S	Documento que contiene la información de todos los accesorios de la red de aire comprimido.
MAC	Mantenimiento de cemento.
Neumática	Parte de la física que estudia las propiedades del aire comprimido y sus aplicaciones.
OT	Orden de trabajo.
PMR´s	Rutinas de mantenimiento preventivo.
PNS	Sistema de numeración de piezas, para clasificación y almacenaje de piezas de repuestos.
ppm	Partes por millón.
Presión	Se define simplemente como la fuerza ejercida por unidad de área.
Puntos de alarma	Niveles, rangos o límites óptimos de operación permitidos.
SAC	Sistema de administración de calidad.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

SAP	Sistema de aplicaciones y productos para el procesamiento de datos.
TAG	Tarjeta de identificación de accesorios neumáticos.
TRT	Tasa de rendimiento total.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

RESUMEN

El aire comprimido es un tipo de energía de mucha importancia para el proceso de la fabricación del cemento, en Cementos Progreso, S.A. se utiliza tanto para accionamientos de los equipos y maquinarias.

El levantamiento de planos de la red de aire comprimido busca mejorar los sistemas de control y abastecimiento del aire en las tres líneas de producción, mediante planos, libros de TAG'S y mantenimiento a la red de aire en planta San Miguel Sanarate.

Se presentan los planos que corresponden al edificio de torre de ciclones 3 con excepción en el primer nivel debido a que este último se encuentra en el plano general de toda la planta.

Se codificó y se le asignó un número de TAG a cada accesorio, el cual lo identifica en el plano, en el área y en los libros, mediante este número es posible implementar el mantenimiento ya que se dispone de una mejor ubicación y disponibilidad de los accesorios.

El mantenimiento de la red busca mejorar la calidad y disponibilidad del aire comprimido en todas las áreas de proceso, mediante equipos y accesorios eficientes que garanticen su funcionamiento. Ayuda también al requerimiento específico del sistema de gestión MAC (mantenimiento de cemento) aplicable a todas las empresas del grupo Holcim, el cual es lograr un alto TRT (tasa de rendimiento total) con costos de mantenimiento bajos.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Finalmente, se presenta una solución al problema de la contaminación del agua de retorno, que es utilizada para el enfriamiento de los equipos que funcionan en la planta, tanto por arrastre de aceite y las sustancias disueltas presentes que contribuyen a dañar el equipo industrial, interfieren con la transferencia de calor y reducen la calidad de los productos.



OBJETIVOS

Generales

1. Efectuar el levantamiento de planos detallado de la red de aire comprimido en la planta de Cementos Progreso, S.A. San Miguel Sanarate.
2. Proporcionar una solución al problema de la contaminación de aceite, al agua de enfriamiento de retorno en la planta de Cementos Progreso, S.A. San Miguel Sanarate.

Específicos

1. Elaborar los planos de la red de aire comprimido en *Auto-CAD*, con su identificación y codificación.
2. Elaborar el manual de la red de aire comprimido con ubicación detallada de los accesorios.
3. Brindar la mejor solución a problema de contaminación de aceite en el agua de enfriamiento de retorno en la planta San Miguel Sanarate.
4. Capacitar a las personas indicadas sobre aspectos de uso de manuales y localización de accesorios de aire comprimido, así mismo el mecanismo propuesto para la separación del aceite en el agua de retorno.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

INTRODUCCIÓN

En vista de la necesidad de ser más eficaces y eficientes en el desarrollo del mantenimiento de la planta y tomando en cuenta los requerimientos de *Holcim* (socio internacional de Cementos Progreso, S.A.) el grupo de Mantenimiento Mecánico de Planta San Miguel Sanarate desarrolló una planeación estratégica para el departamento Servicios Generales, uno de los objetivos principales de dicha planeación (tomando en cuenta los problemas que han tenido por localización y calidad del aire comprimido en la planta durante los últimos años), es la elaboración de planos y la mejora en la distribución del aire comprimido.

Ya que la producción y distribución de aire comprimido es una generación de energía muy utilizada por las industrias por su fácil manipulación, no deja de ser costosa. Por estas razones se presentan las propuestas de mantenimiento y rediseño del área de paletizadora para optimizar este valioso recurso.

El capítulo 1 describen los aspectos más importantes de Cementos Progreso, S.A., así como del departamento de mantenimiento mecánico, éste último se encarga de la planificación, ejecución, control y evaluación del mantenimiento de las áreas productivas y de apoyo dentro de la planta San Miguel Sanarate.

En el siguiente se presentan los fundamentos teóricos a cerca del aire comprimido tanto en generación como de distribución del mismo, el 3, describe el sistema actual de operación de la red de aire en la planta, enfocados a los equipos y accesorios con los que cuenta la red de aire comprimido.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Los planos, la propuesta de mantenimiento y de rediseño de la red de aire comprimido se presentan en el penúltimo, evaluando costos y los cálculos necesarios para implementarla.

Finalmente el último capítulo está enfocado al problema de contaminación en el agua de retorno, para el enfriamiento de los equipos de la planta. Todos los aspectos y propuestas del presente trabajo permiten mejorar y optimizar los recursos de la planta San Miguel Sanarate de Cementos Progreso, S.A., esperando que el mismo, sea de beneficio para consultas o de referencia para otros proyectos.



1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes históricos de Cementos Progreso, S. A.

Fue con mucha visión y con la idea clara de fundar una de las primeras fábricas de cemento en Latinoamérica, que un 18 de octubre de 1899, Don Carlos Federico Novella Klée creó la empresa **Carlos F. Novella y Cía.** Don Carlos se aventuró a invertir en una cementera ejerciendo desde ese momento un liderazgo transformador ya que en ese tiempo el cemento no era el material que en Guatemala se utilizaba para la construcción.

En 1901 se inició la comercialización del cemento producido en la finca La Pedrera. A raíz del terremoto de 1917 se inició la verdadera demanda del producto ya que todas aquellas construcciones hechas con cemento soportaron las inclemencias de tal fenómeno natural.

La creciente demanda en el mercado creó la necesidad de incrementar la producción. En 1965 se adquirió la finca San Miguel Río Abajo en Sanarate, El Progreso.

En 1971 se inició la construcción de la primera línea en la planta San Miguel. Siete años después, en 1978, se construyó la segunda línea y se legalizó el nombre de **Cementos Progreso, S.A.** En 1996 principió la construcción de la tercera línea que arrancó en 1998.



1.2 Visión y misión

Visión: *Compartimos sueños. Construimos Realidades+*

Misión: *Producir y comercializar cemento y otros materiales para la construcción acompañados de servicios de alta calidad+*

Abastecer con eficiencia el mercado y cultivar con los clientes una relación duradera para ser la mejor opción.

Dar al personal la oportunidad de desarrollarse integralmente y reconocer su desempeño.

Impulsar con los proveedores una relación de confianza, cooperación y beneficio mutuo.

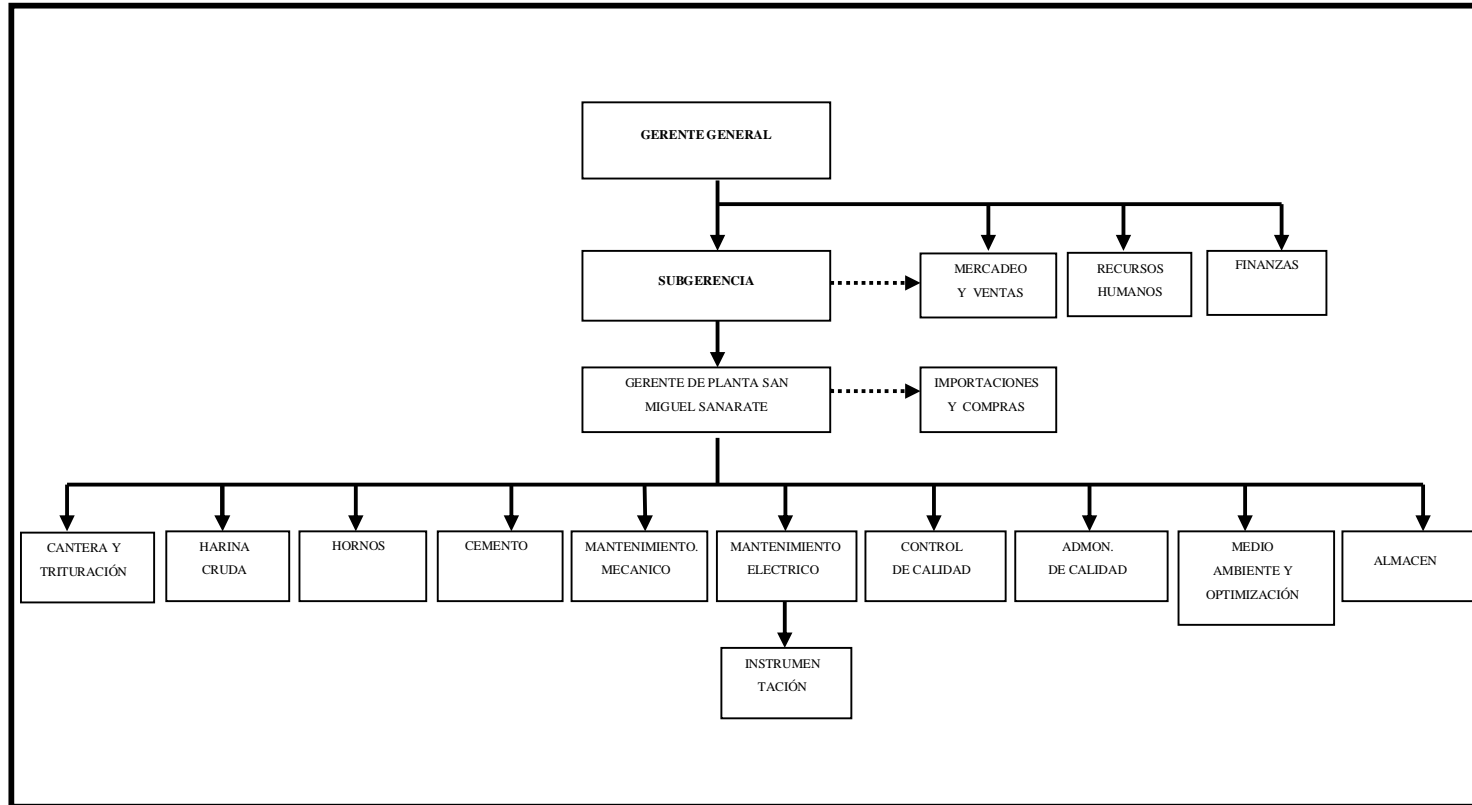
Contribuir al desarrollo de la comunidad además de proteger y mejorar el medio ambiente.

Garantizar a los accionistas una rentabilidad satisfactoria y sostenible.

1.3 Estructura organizacional

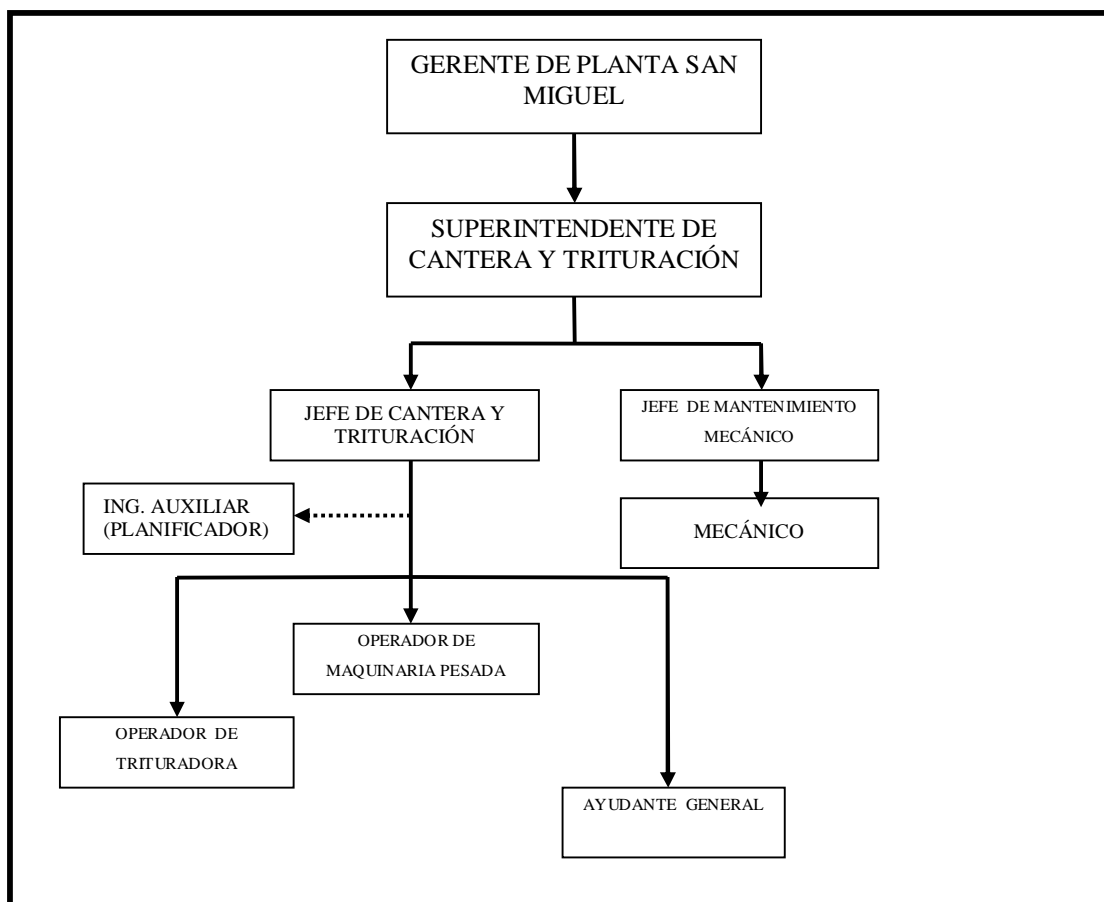
En Cementos Progreso, S.A. se cuenta con una estructura organizacional muy amplia, en donde el flujo de la información se da por medio de reuniones periódicas entre los responsables de cada área.

Se tiene el siguiente organigrama (ver figura 1) donde se muestra la estructura superior de la planta.



Las áreas que se encuentran en la parte de abajo del organigrama de la figura 1, forman parte de las superintendencias de cada uno de los departamentos y estos se encuentran de la siguiente manera.

Figura 2. Organigrama nivel operativo según área de cantera y trituración



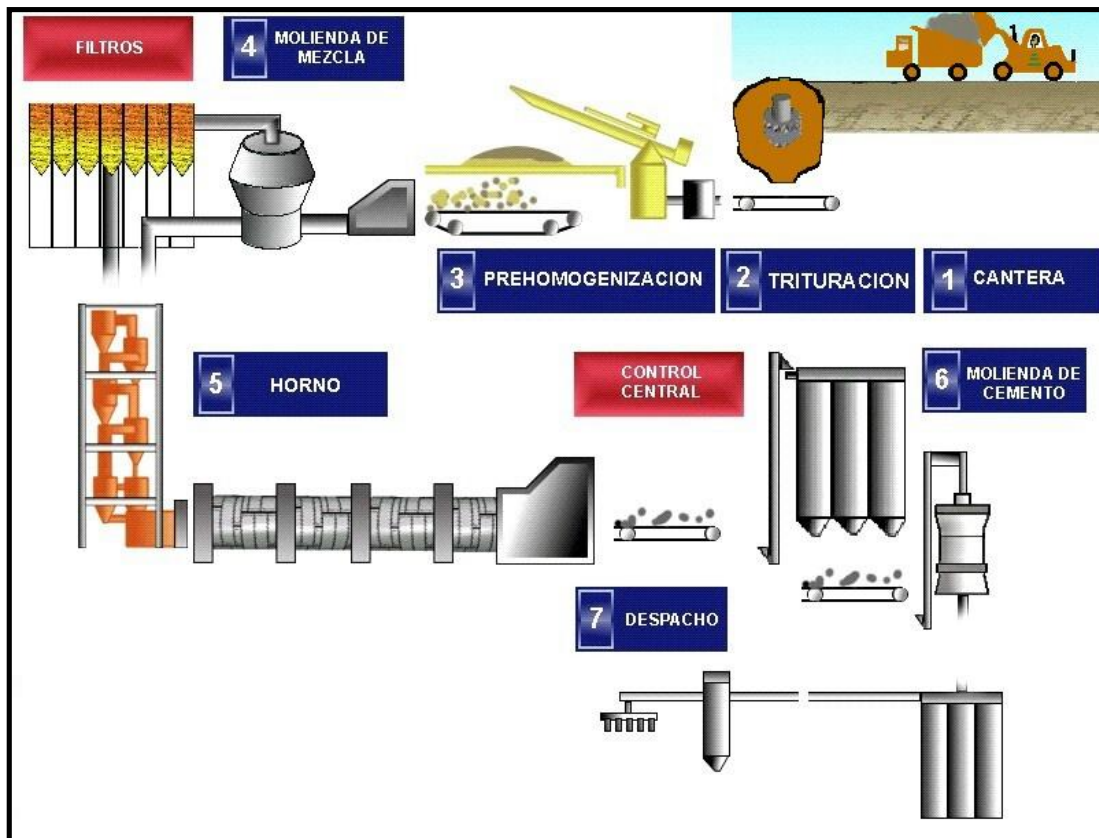
1.4 Proceso y líneas de producción

La fabricación del cemento es una actividad industrial de procesamiento de minerales que se divide en varias etapas, el cemento portland se produce pulverizando *Clinker* (consistente de silicatos y aluminatos de calcio) y sulfato de calcio (yeso) y en el caso de los cementos portland adicionados, se utilizan además otros materiales (calizas, puzolanas, escorias de alto horno, etc.).

Los materiales para la fabricación deben contener la adecuada proporción de cal, hierro, sílice y aluminio. Durante la manufactura, los materiales se analizan con frecuencia en todas las etapas del proceso para asegurar la calidad y uniformidad requeridas. Las etapas básicas de fabricación de los cementos son:

1. La extracción de los materiales calcáreos y arcillosos de las canteras, por explosivos o por medios mecánicos.
2. La trituración y pulverización de estos materiales.
3. La prehomogenización de las materias primas.
4. La mezcla cruda es molida hasta alcanzar la finura necesaria.
5. La mezcla cruda pasa luego a hornos rotatorios donde se ~~coce~~ a temperaturas de 1,400⁰C a 1,650⁰C transformándose en un material granular llamado ~~%Clinker+~~ *Clinker*.
6. El *Clinker* se enfría y se pulveriza, agregándole en esta operación una pequeña cantidad de yeso para regular el fraguado del cemento. En esta etapa de molienda del *Clinker* se pueden agregar otras adiciones (calizas, puzolanas, escoria de altos hornos, etc.) cuando se van a producir cementos Pórtland con adiciones (llamados también cementos mezclados).
7. Almacenaje en silos y despachos ya sea a granel, en bolsas o sacos.

Figura 3. Esquema del proceso de elaboración de cemento en la planta San Miguel



Los cementos que se fabrican en la planta San Miguel son los siguientes:

A) Cemento UGC

Para Uso General en la Construcción es ideal para zapatas, cimientos, columnas, paredes, vigas, losas, morteros, suelo cemento y demás aplicaciones. Su clase de resistencia mínima es de 4,000 lb. Por pulgada cuadrada (28N/mm²) a 28 días en morteros normalizados de cemento, además de mejorar la impermeabilidad del concreto. Su color es ideal para concretos a la vista y fachadas arquitectónicas.

B) Cemento 4000 PSI

Ideal para viviendas:

Cemento progreso 4000Psi puede usarse en todo tipo de construcciones, siendo su empleo ideal y más económico en construcciones que no requieren de muy alta resistencia inicial, como viviendas aisladas o en serie y otras construcciones medianas o pequeñas. Tiene además una moderada resistencia química a aguas y suelos agresivos y un moderado calor de hidratación, lo que los hace más adaptable a la variedad climática y ambiental típica del país.

Características:

- Desarrollo de mayor resistencia: Después de 28 días por la resistencia adicional derivada de la reacción de la puzolana con la cal libre del cemento.
- Mayor impermeabilidad: La reacción puzolana-cal libre cierra los poros del concreto y mejora su impermeabilidad.
- Moderada resistencia a suelos y aguas agresivas: Como las que contienen sulfatos. El ataque de sulfatos ocurre en suelos, en aguas subterráneas, superficiales o de mar y en instalaciones industriales, en los desechos y/o subproductos industriales. Estas sales son muy solubles en agua y penetran con facilidad en estructuras de concreto y ocasionan rajaduras y destrucción de los morteros y concretos donde penetran.
- Inhibición de la reacción álcalis-agregados: Esta reacción produce expansión y grietas en el concreto. La adición de puzolana en el cemento inhibe la reacción de los álcalis.

- Moderado calor de hidratación: La puzolana reduce el calor generado al mezclar el cemento y el agua para hacer concreto.
- Color más claro: El color de los materiales usados en su fabricación lo hace ideal para concretos a la vista y fachadas arquitectónicas en concreto.
- Adecuada manejabilidad: El concreto elaborado con este producto tiene menores contracciones por fraguado inicial y por cambios de temperatura, con lo cual se disminuyen los problemas de agrietamiento en el concreto.

C) Cemento 5000 PSI

Ideal para fabricante:

Cemento Progreso 5000 psi es utilizado en la industria de la construcción, para la fabricación de bloques, tubos, viguetas, paneles y otros elementos prefabricados de concreto. Es ideal para construcciones que requieran alta resistencia como puentes, edificios y grandes construcciones.

Características:

- A igualdad de resistencia requerida, permite economizar cemento.
- A igualdad de contenido de cemento, se obtienen resistencias tempranas y finales mayores que con cementos de clase de resistencia más baja, permitiendo desencofrados o desmoldados a menor plazo.
- Estructuras de concreto simple o reforzado de alta resistencia.
- Fabricación de bloques, tubos, y otros prefabricados.
- Pre y post- tensados.
- Concreto lanzado.

D) Cemento tipo V

Ideal para obras marítimas:

Es un cemento Pórtland fabricado para ser utilizado especialmente donde se requiera un concreto con una alta resistencia al ataque de sulfatos, como es el caso de obras expuestas al agua de mar, al ambiente marino o a suelos y aguas con alto contenido de sulfatos.

Por esta razón en otros países también se le conoce como ~~%~~ cemento marino+.

Las obras portuarias (muelles, diques, escolleras, etc.), edificaciones y construcciones aledañas al mar; especialmente si son de concreto reforzado deben ser construidas preferentemente con este tipo de cemento, así como: cimentaciones, túneles, canalizaciones enterradas, tuberías, canales de riego, muros de contención, depósitos, presas y demás obras en contacto con suelos o aguas selenitosas o que contengan sulfatos.

E) Cemento clase H

Ideal para la industria del petróleo:

Este es un cemento Pórtland sin adiciones hecho para ser utilizado en perforaciones de pozos de petróleo a profundidades de hasta 2,400 mts., sin aditivos. Con retardantes, dispersantes y acelerantes puede usarse en un amplio rango de profundidades y temperaturas.

Los cementos para pozos petroleros requieren de controles más estrictos que los aplicados para cementos de construcción, asegurando un producto que mantenga un desempeño adecuado bajo la diversidad de condiciones de temperaturas, presiones y grados de exposición que encontrará en su aplicación.

Además, se tiene como subproducto el cemento y *Clinker* a granel este último se distribuye a la planta la Pedrera debido a la demanda de materia prima.

En planta San Miguel se cuenta, como ya se mencionó en la sección 1.1, con tres líneas de producción, siendo la línea número 3 la más moderna, sin embargo, las otras dos cuentan con arreglos o modificaciones que las hacen competitivas y bastante automatizadas.

Las líneas son monitoreadas y controladas desde el control central, lugar donde se mantiene un estricto control de encendido y apagado de los equipos y del todo el proceso en general.

1.5 Normas y herramientas

Las normas y herramientas son aquellas que ayudan y mejoran los procesos tanto de producción como de las áreas de apoyo entre las últimas se tienen mantenimiento mecánico, planificación y proyectos nuevos entre otros, algunas de ellas se presentan a continuación:

1.5.1 Sistema de administración de calidad, (SAC)

1.5.1.1 Objetivo

El SAC surge en Cementos Progreso (Planta San Miguel) como una forma de mejorar la satisfacción del cliente y orientar los procesos productivos a ese logro, Además busca la mejora continua de los procesos que forman parte de él a través de la revisión de su efectividad por el comité de calidad.

1.5.1.2 Funcionamiento

El SAC de Cementos Progreso (Planta San Miguel) esta fundamentada en la norma ISO 9001:2000, para documentar, implantar y mantener aquellos procesos y actividades que afectan la calidad. Los documentos son elaborados considerando no solo las entradas y salidas de los procesos si no también otros elementos como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Flujoograma del proceso de funcionamiento del SAC



1.5.1.3 Alcance

El alcance del SAC esta dado desde la explotación de la materia prima hasta el primer destino del cemento despachado en planta San Miguel como se muestra en la tabla I.

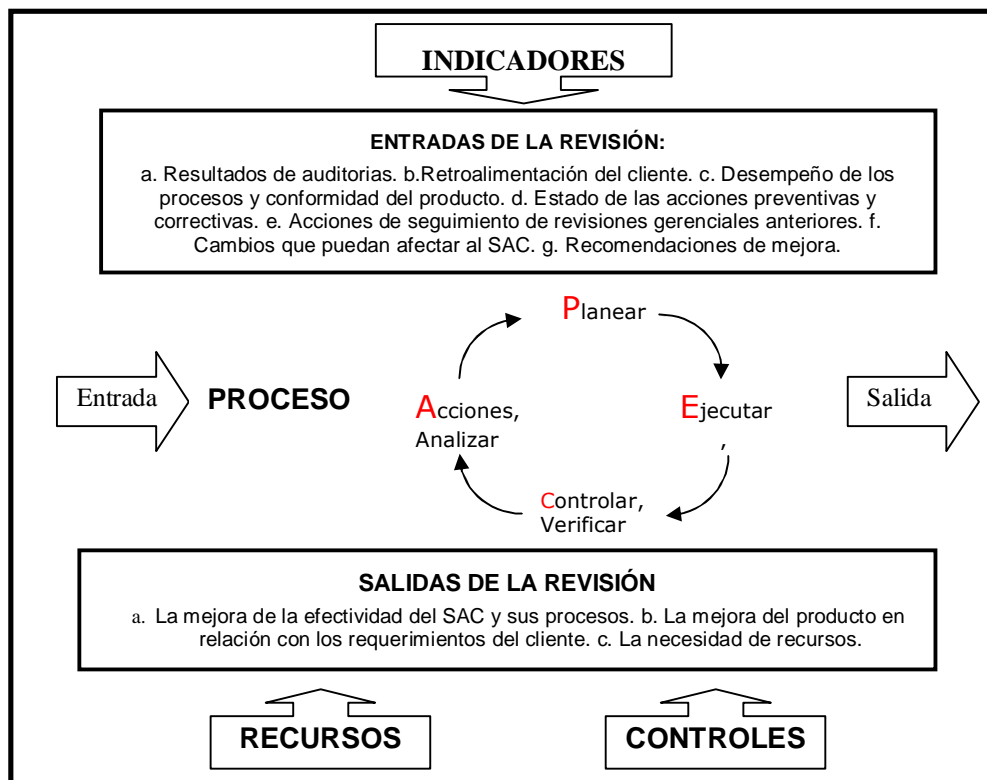
Tabla I. Alcance del SAC en planta San Miguel

PRODUCTO	TIPO	CLIENTE	REQUERIMIENTOS
Cemento (producido en SM)	UGC 5000 PSI 4000 PSI	El primer receptor: ➤ Distribuidora ➤ Intermediario ➤ Cliente final ➤ Etc.	Calidad (Tipo cemento) Cantidad Tiempo entrega Lugar entrega
Clinker	Tipo I y V	La Pedrera	
Caliza		Planta Cal SM.	

1.5.1.4 Enfoque

El enfoque que tiene el SAC, es el siguiente:

Figura 5. Enfoque del SAC



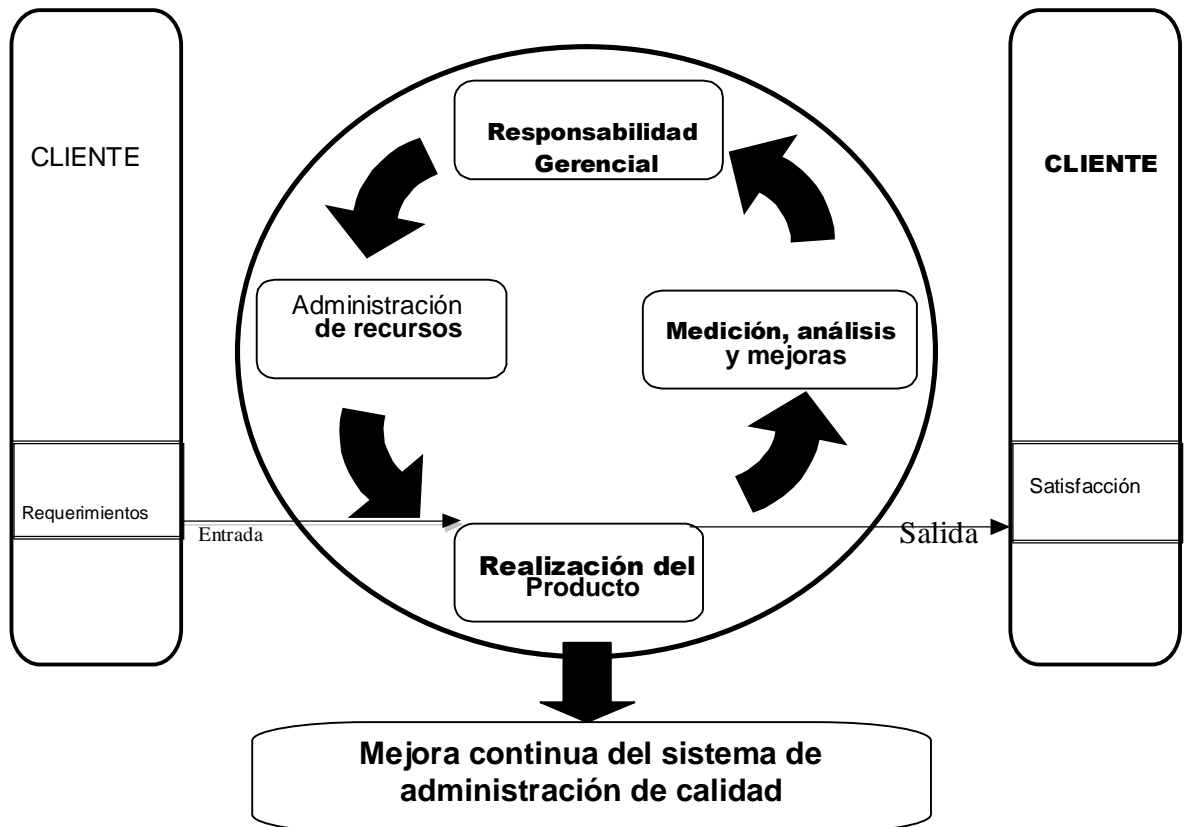
1.5.1.5 Proceso

Los procesos con los que cuenta el SAC, son los mostrados en la tabla II, los cuales intervienen tal y como se muestra en la figura 5.

Tabla II. Procesos del SAC

SAC	Requerimientos generales Documentación
Responsabilidad Gerencial	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Compromiso de la Gerencia ➤ Enfoque al Cliente ➤ Política de calidad ➤ Planeación del SAC ➤ Responsabilidad, Autoridad y comunicación. ➤ Revisiones gerenciales
Administración de recursos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Provisión de recursos ➤ Recursos humanos ➤ Infraestructura ➤ Medio de trabajo
Realización del producto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planeación de la realización del producto ➤ Procesos relacionados con el cliente ➤ Compras ➤ Producción ➤ Control dispositivos de medición
Medición, análisis y mejoras	<ul style="list-style-type: none"> ➤ General ➤ Monitoreo y medición ➤ Control de producto no conforme ➤ Análisis de datos ➤ Mejora

Figura 6. Diagrama de proceso del sistema de administración de calidad (SAC)



1.5. 2 Mantenimiento de cemento, (MAC)

1.5.2.1 Objetivo

Es el proyecto que por medio de una reinversión de los procesos directa o indirectamente relacionados con el mantenimiento de plantas de cemento y una correcta utilización de las herramientas de administración y gestión, para la obtención de datos.

Los cuales son analizados, discutidos y desarrollados para obtener resultados satisfactorios de mejora y datos que nuevamente retroalimentan el sistema de toma de decisiones y acciones.

1.5.2.2 Función

MAC, está diseñado para lograr un cambio rápido en muchos de los procesos relacionados a su definición por medio de un proceso de reingeniería, pero a diferencia de otro tipo de proyectos, también incluye el establecer los mecanismos para lograr que ese cambio permanezca y siga dando resultados de mejora con una metodología de mejora continua o calidad total.

1.5.2.3 Visión

La visión de MAC es optimizar la tasa de rendimiento total (TRT), con el costo de mantenimiento más bajo posible, en forma sostenible.

Las áreas de oportunidad de MAC se definen en el triángulo de oportunidades MAC, los vértices de ese triángulo de oportunidades son: Tasa de rendimiento total (TRT), costos de mantenimiento, y activos operativos netos (NOA, por sus siglas en inglés).

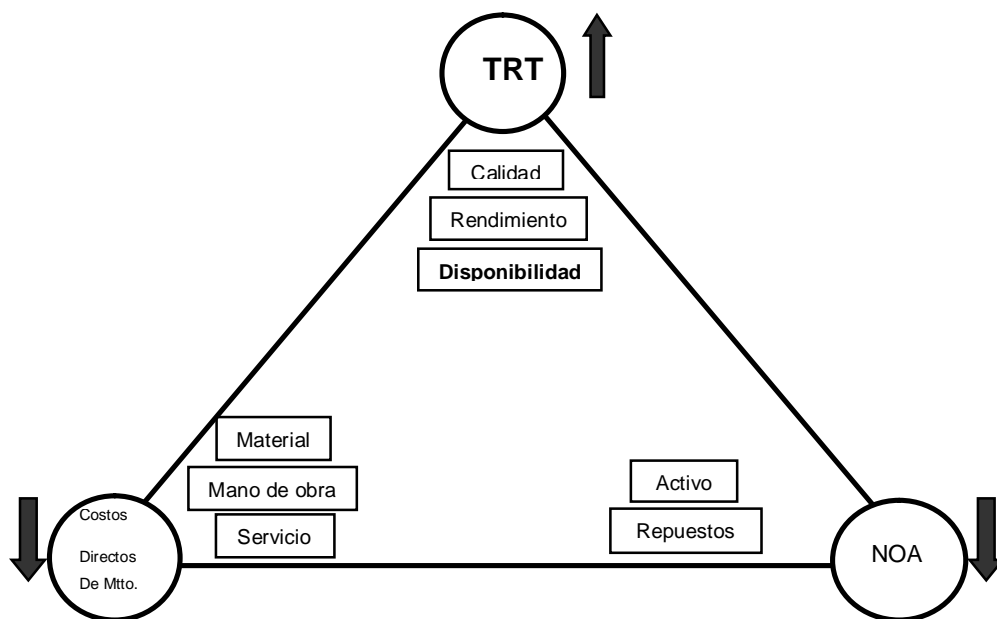
1.5.2.4 Pirámide MAC

Los distintos niveles de la pirámide indican la necesidad de trabajar más en aquellos elementos que constituyen los cimientos del sistema de mantenimiento (ver figura 7). El principal beneficio de la pirámide es proporcionar mayor atención a los equipos que afectan la calidad y el proceso, estos son denominados equipos críticos (Q).

Con esto se logra obtener una alta TRT (tasa de rendimiento total), que es un fuerte indicador de eficiencia y rentabilidad como se indica más adelante.

Las herramientas constituyen la mayor parte del conjunto de elementos que conforman la pirámide, y comprende más del 80% de los primeros 2 niveles de la misma. Para MAC una herramienta es la que permite hacer algo mejor y algunos ejemplos son la estructura del costo de mantenimiento, los KPIs (Key Performance Indicators, Indicadores claves de desempeño), los planes y el sistema de mantenimiento computarizado.

Figura 7. Pirámide MAC



La tasa de rendimiento total (TRT), es un indicador del uso eficiente de la capacidad instalada en la planta, en otras palabras es un indicador del rendimiento técnico del capital invertido.

La TRT viene dada de la siguiente manera;

$$\text{TRT} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Donde:

- Disponibilidad es el número de horas de operación o funcionamiento de un equipo comparado al tiempo total que pudo haber trabajado (¿Cuánto tiempo funcionó el equipo?)
- Rendimiento, es la cantidad de producción comparado a estándares de producción probadas o demostradas de poderse cumplir (¿Con qué capacidad funcionó el equipo?)

1.5.3 Sistema de aplicaciones y productos para el procesamiento de datos, (SAP)

1.5.3.1 Objetivo

Es un sistema que optimiza e integra toda la información de la empresa en un solo lugar para que sea utilizado por todos. Es importante porque de este modo se facilita la manera de trabajar con documentos y se evitan los inconvenientes del manejo de papel.

1.5.3.2 Alcance

SAP por lo tanto, permite simplificar y agilizar las tareas de gestión documental ofreciendo numerosas ventajas, entre otras, a la hora de su localización, recuperación, identificación y modificación.

1.5.4 Códigos de activos *Holcim*, (HAC)

1.5.4.1 Función

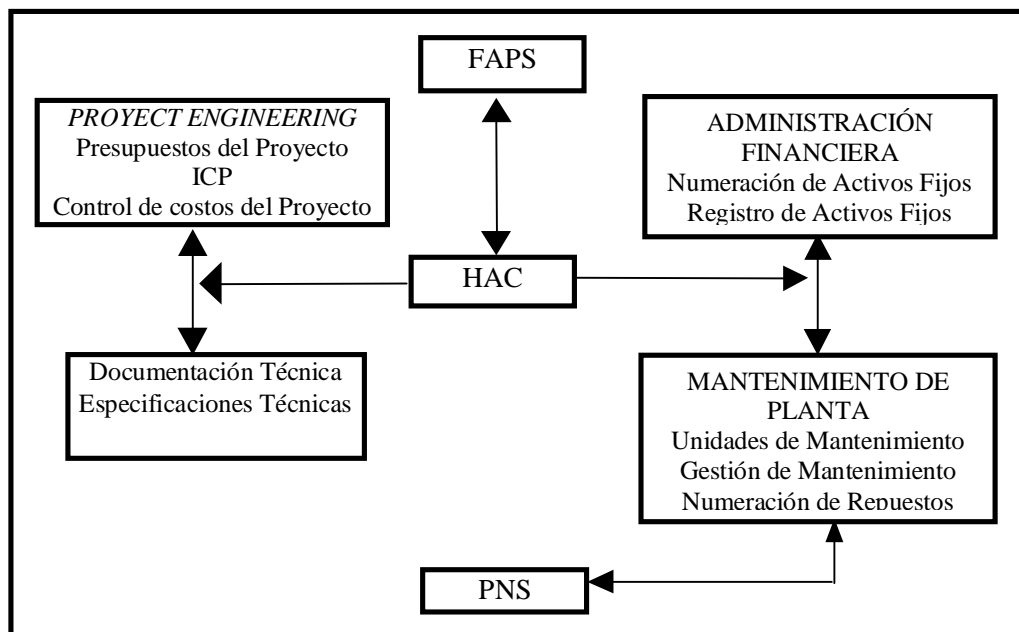
El sistema de codificación permite localizar un activo, desarrolla una clasificación homogénea y lógica de activos e indica el flujo del proceso.

La codificación HAC es un sistema para codificar equipos en la fabricación de cemento, este sistema es utilizado con todas aquellas empresas que están asociadas a *Holcim*.

1.5.4.2 Alcance

El sistema de gestión de activos comprende las siguientes áreas:

Figura 8. Áreas que comprende el sistema de gestión de activos



En donde;

- FAPS *Financial and administrative project management system*, Sistema de gestión financiera y administrativa de proyectos, ej. SAP.
- PNS *Parts numbering system for spare parts classification a stores*, Sistema de numeración de piezas para clasificación y almacenaje de piezas de repuestos.
- ICP *Guide to investment cost presentation*, Guía para presentación de los costos de inversiones.

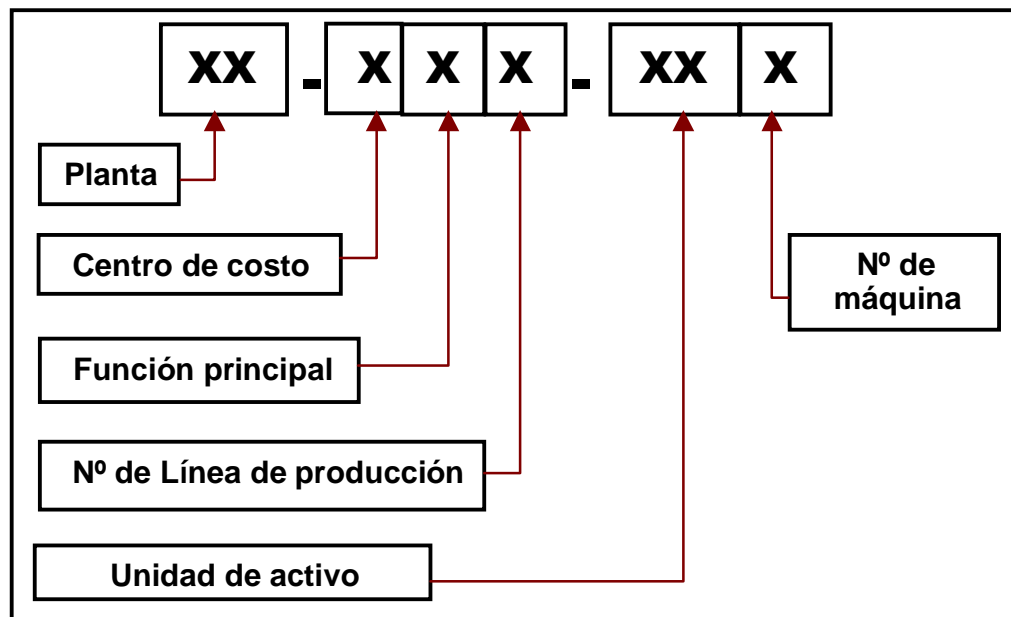
Un activo es todo equipo o infraestructura que pertenece a la empresa y que genera gastos. Ej. Es un motor, elevador, banda transportadora, válvulas, edificios.

1.5. 4.3 Estructura

El código HAC está compuesto por 11 (once) caracteres alfanuméricos, los cuales pueden, en casos especiales, estar acompañados con dígitos individuales adicionales, tal y como se muestra en la figura 9.

Los primeros 2 dígitos identifican la planta posteriormente se tienen 3 dígitos que conforman el número de grupo, los cuales se identifican de la siguiente manera de izquierda a derecha.

Figura 9. Estructura del código HAC



Función principal; Las funciones principales están representadas por los números 1-9 y las funciones auxiliares por las letras A-N y P-Z.

Número de grupo; es la ubicación en la cual se encuentra dentro del proceso y va desde 1-9.

Número de línea; las líneas de producción o las instalaciones similares paralelas dentro de la misma función principal o grupo se distinguen mediante la numeración de 1-9 o letras de A-N y P-Z en la posición mostrada en la figura 9.

La unidad del activo significa principalmente un equipo físico de producción, una unidad de mantenimiento, normalmente una máquina.

1.5.5 Orden de trabajo (OT)

1.5.5.1 Objetivo

Es la herramienta que se utiliza para asignar, ejecutar y controlar todos los trabajos que se deben hacer en la Planta, así como sus materiales y repuestos. Para llenar una orden de trabajo se debe completar con la siguiente información:

- Ubicación técnica y el equipo donde debe ser realizado el trabajo.
- Operación que debe ser ejecutada.
- Fecha de inicio de la actividad.
- Tiempo estimado de la operación.
- Personal asignado

Al finalizar un trabajo se debe completar esta información:

- Los tiempos reales.
- Trabajo realizado.
- Materiales y herramientas utilizadas.
- Personal que ha laborado.
- Situaciones de retraso y observaciones o trabajos a realizar.

La figura 10 muestra el esquema de la orden de trabajo utilizada en planta San Miguel para la realización de los trabajos asignados de cualquier tipo de mantenimiento o actividad programada, la misma debe ser generada por el asistente de planificación y completada por las personas que ejecutan la tarea. (ver figura 11, donde se indica el flujo de información de la orden de trabajo).

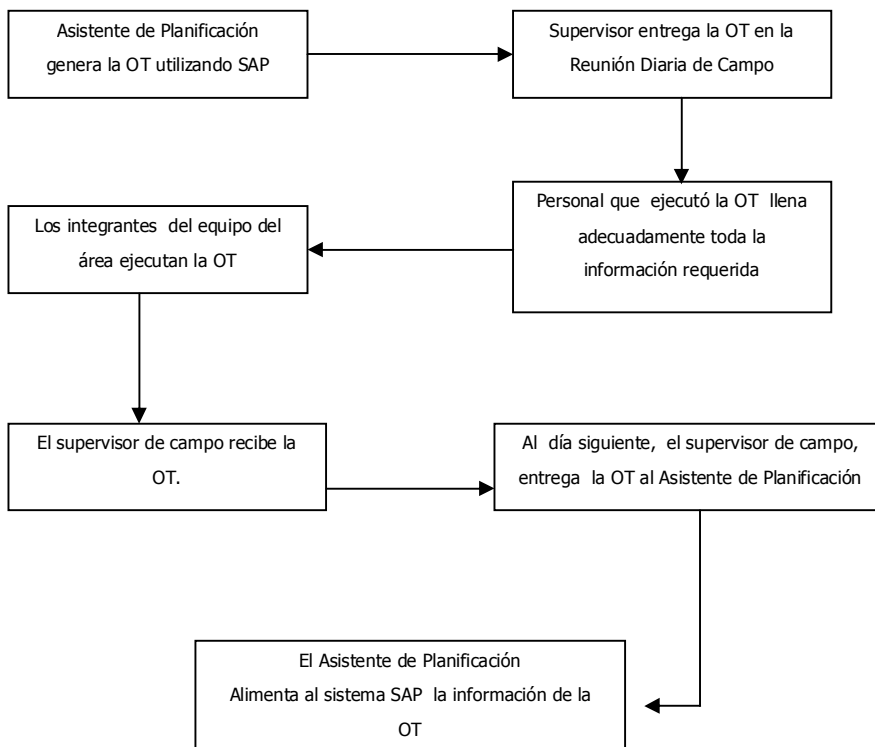
Figura 10. Representación de la orden de trabajo

Cementos Progreso S.A	SAC-CP-UG-FO-01 / Rev. 0	Pág #: 1		
Fecha:	ORDEN DE TRABAJO No. 554123			
UBIC TÉCNICA: EQUIPO : Criticidad :				
CONJUNTO :				
EMPLAZAMIENTO: Sala :				
DESCRIPCIÓN : ACTIVIDAD :				
CLASE MANTEN : PRIORITY :				
Grupo planif-MT: 001 SM GENERAL SAN MIGUEL Plan de mant. Posición plan-mant.				
SI EXISTIÓ RETRASO PUEDE CATALOGARSE COMO				
CODIGO	MOTIVO	HORA INICIO	HORA FINAL	HORAS
RETRASO R001	CAMBIO DE PROGRAMACIÓN			
R002	CAMBIO DE TURNO			
R003	DEMORAS EN ALMACEN			
R004	ESPERA PERSONAL DE OTRA ÁREA			
R005	FACTORES EXTERNOS A LA FRABRICA			
R006	FALTA DE CAPACITACIÓN			
R007	FALTA DE EQUIPO O HERRAMIENTAS			
R008	FALTA DE INFORMACIÓN			
R009	FALTA DE LIMPIEZA			
R010	FALTA DE MOVILIDAD			
R011	FALTA DE PERSONAL			
R012	FALTA DE REPUESTOS			
R013	FALTA DE SUPERVISIÓN			
R014	LLENADO DE PAPELES			

1.5. 5.2 Proceso

La información de las OTs tiene el siguiente flujo:

Figura 11. Flujo de información de la OT's



1.6 Función del departamento de mantenimiento mecánico

1.6.1 Visión y misión del departamento

Visión:

Ser el departamento mecánico modelo para plantas de cemento.

Misión:

Ser un equipo que planifica, ejecuta, controla y evalúa el mantenimiento mecánico de las áreas productivas y de apoyo dentro de planta San Miguel de Cementos Progreso, S.A., para lograr una alta disponibilidad mecánica, acorde a los objetivos de calidad de la empresa, asegurando un óptimo funcionamiento de la maquinaria y los equipos.

Nos apoyamos en personal competente y proactivo, un sistema de gestión de mantenimiento MAC y herramientas de planificación como SAP.

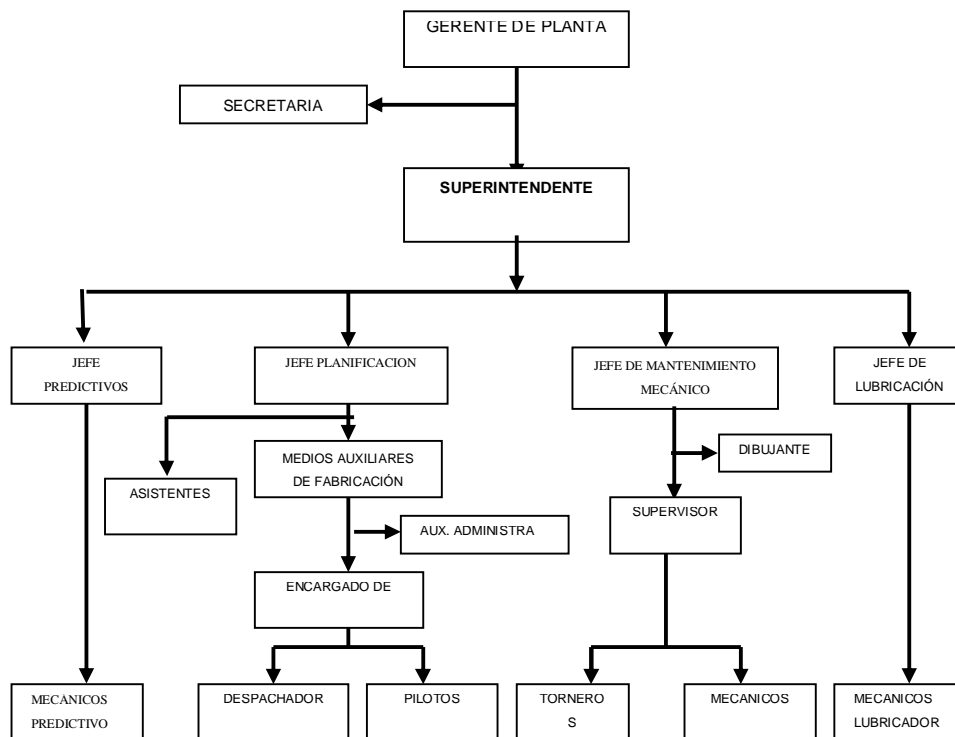
Buscamos ser la primera opción de nuestros clientes basados en la confianza y credibilidad en nuestro trabajo y en la calidad del servicio prestado.

1.6.2 Estructura y funcionamiento del departamento de mantenimiento mecánico

La estructura de organización en el área de mantenimiento mecánico en planta San Miguel, esta definida de la siguiente manera (figura 12).

El departamento de mantenimiento mecánico esta encabezado por el superintendente mecánico, que es el encargado de coordinar las actividades tomar decisiones y ser un enlace con la gerencia. Seguidamente están los departamentos de predictivos, planificación, mantenimiento mecánico y lubricación, en predictivos se encargan de pronosticar los fallos y determinar estadísticamente los intervalos de mantenimiento a los equipos y maquinaria.

Figura 12. Organigrama del departamento de mantenimiento mecánico



En planificación es donde se programan los mantenimientos mediante un registro de control de las máquinas, se generan las órdenes de compra, coordinan todas las órdenes de trabajo, proporcionan información por medio de manuales de máquinas.

En mantenimiento mecánico está dividido en dos grupos lo que son servicios generales y tornos, en servicios generales se encargan de mantenimiento a los sistemas de agua, aire, y otras máquinas, los tornos están a disposición de todas las áreas de la planta, toda vez que pase por planificación. En el departamento de lubricación, se encargan de controlar los niveles de máquinas, determinar fallos por mala lubricación y proporcionar el mejor lubricante de acuerdo a la función y desempeño de las máquinas y equipos.

El alcance de dicho mantenimiento es a equipos críticos y vehículos de las áreas productivas comprendidas entre cantera y envasado de planta, sujetos a mantenimiento de cualquier tipo (predictivo, preventivo o correctivo). Desde que se genera un aviso y el seguimiento de los planes y rutinas de mantenimiento respectivos, hasta el cierre de la Ot (orden de trabajo), lo que da como resultado la retroalimentación al sistema SAP.

1.6.2.1 Responsabilidades en el mantenimiento de clase mundial

- *Superintendente del taller mecánico, taller eléctrico o de instrumentación / jefe de envasado y despacho*

Coordina las actividades llevadas a cabo por los jefes de mantenimiento (mecánico, eléctrico o instrumentista) en las diferentes áreas, y al asistente de mantenimiento de envasado y despacho, en el caso de este departamento, brindándoles apoyo y asesoría en trabajos de mantenimiento específicos. Verifica que los trabajos de mantenimiento efectuados en las áreas se ejecuten adecuadamente.

- *Jefe de mantenimiento mecánico, eléctrico, instrumentación o automotriz / asistente de mantenimiento de envasado y despacho*

Revisa y corrige la prioridad de las actividades programadas por el ingeniero auxiliar y garantiza la correcta supervisión de su ejecución en campo, verificando que se haga el mantenimiento de acuerdo a los requerimientos del fabricante del equipo específico.

- *Jefe de planificación*

Verifica la adecuada administración de los planes de mantenimiento y el correcto flujo de información del sistema de gestión; es responsable de la creación, modificación o baja de los equipos críticos en SAP.

- *Ingeniero auxiliar*

Visualiza en SAP los avisos y establece prioridades para programación de los mismos (mantenimientos futuros: correctivos, predictivos, etc.). Administra las Ots generadas para mantenimiento en SAP: Plan maestro en el caso del área de envasado y despacho, y el plan de frecuencias de mantenimiento en conjunto con el plan anual de mantenimiento en el caso de las áreas y departamentos. Supervisa la retroalimentación de las Ots en SAP.

- *Supervisor de área (mecánica, eléctrica e instrumentista)*

Supervisa a los responsables de realizar el mantenimiento en las labores que les han sido asignadas por medio de Ots. Recibe las Ots terminadas, aprobando los trabajos llevados a cabo y las entrega al asistente administrativo para su retroalimentación en SAP.

➤ *Asistente administrativo*

Genera las Otp de mantenimiento y sus reservas de material, orientadas a los diferentes puestos de trabajo y retroalimenta el sistema SAP. Ingresar o actualiza los equipos críticos en %Q+en SAP.

➤ *Responsable de realizar el mantenimiento (mecánicos, instrumentistas) de área, departamento o turno*

Ejecuta las labores de mantenimiento predictivo, preventivo o Correctivo, necesarias para conservar la calidad que la maquinaria o equipo presta.

➤ *Determinación de equipos críticos*

El superintendente de área determina los equipos críticos tomando en consideración aquellos que tenga un efecto sobre el cumplimiento de las variables de calidad y control del proceso, para asegurar la calidad del producto a lo largo del proceso de elaboración del cemento.

De la evaluación anterior se obtiene un listado, que se ingresa o actualiza en SAP como %Q+, por el jefe de planificación o la persona que él designe. El listado que se genera en SAP es revisado por el superintendente del área por lo menos una vez al año o al momento de una modificación o instalación de equipo nuevo.

En el caso que se compre o adquiera, se modifique o deje de utilizarse un equipo crítico, este será dado de alta, modificado o dado de baja en SAP por el jefe de planificación o la persona que él designe.

1.6.2.2 Tipos de mantenimiento

El mantenimiento en planta San Miguel, se divide en:

- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

A) Mantenimiento predictivo

Se encarga de monitorear la condición del equipo crítico de planta y proporciona información de sus tendencias a las diferentes áreas.

Se encarga de monitorear la condición de operación del equipo rotatorio en planta San Miguel y proporciona información a las diferentes áreas sobre sus tendencias. Consta de cuatro fases:

- Detección: involucra el monitoreo periódico de las características de operación del equipo crítico. Los datos son graficados para verificar algún cambio respecto a las alarmas definidas, evaluando así la tendencia. Si un cambio es detectado, datos adicionales son tomados para propósito de análisis.
- Análisis: este proceso involucra la toma de datos adicionales y determinar la causa del problema.
- Corrección: consiste en corregir y eliminar el problema que ha sido analizado anteriormente.
- Verificación: una vez terminada la fase de corrección se procede a verificar contra las alarmas.

El jefe de mantenimiento predictivo en colaboración con el mecánico de mantenimiento predictivo define las rutinas y frecuencias de inspección. Se definen de acuerdo a los siguientes criterios:

- Sugerencias del fabricante
- Manuales del equipo
- Experiencias con equipos similares
- Problemas encontrados en la operación de los equipos
- Sugerencia de apoyo técnico externo

Ya determinadas estas se registran en el sistema SAP para cada uno de los equipos anteriormente mencionados.

Las actividades comunes de mantenimiento predictivo que se realizan a los equipos son las siguientes:

- Análisis de vibración
- Verificación de temperaturas en puntos clave o específicos de cada equipo
- Revisión de presiones
- Apreciación de resistencias mecánicas de materiales

B) Mantenimiento preventivo

Actividad desarrollada en las máquinas y equipos críticos en planta, con el fin de asegurar que la calidad de servicio que estos proporcionan permanezca dentro de los límites requeridos de disponibilidad.

Los diferentes grupos de trabajo de las áreas ejecutan el mantenimiento bajo la supervisión del supervisor de área y reportan los resultados a mano en la misma Ot entregada con anterioridad. Después de ejecutados los trabajos, el responsable de realizar el mantenimiento entrega la(s) Ot(s) al supervisor de área, quien revisa la ejecución correcta y total de los trabajos programados y los aprueba.

Si no se realizaron todas las actividades programadas, el supervisor investiga la razón y solicita al Ingeniero auxiliar la reprogramación de las mismas, esta reprogramación aparecerá reflejada en el plan diario/semanal o en el plan maestro de mantenimiento (en SAP) en el caso del área de envasado y despacho, según sea el caso.

Si se realiza un mantenimiento preventivo a un dispositivo de medición y monitoreo que afecta las características metrológicas del equipo, se avisa al jefe de mantenimiento/asistente de mantenimiento del área a la que pertenece, quien a su vez, avisa al responsable, para que lo calibre o verifique, según el procedimiento establecido para el mantenimiento.

C) Mantenimiento correctivo

Actividad desarrollada en las máquinas y equipos críticos en planta, cuando a consecuencia de una falla han dejado de prestar la calidad de servicio para la que fueron diseñadas.

Al momento de presentarse una falla en un equipo crítico que supone la pérdida de la calidad de servicio que este presta, la indicación aparece inmediatamente en el control central respectivo.

- Edificio de producción en caso del área de harina cruda, hornos de *clinker* y molienda de cemento.
- Edificios de *krupp*, primaria y secundaria en caso del área de trituración.
- Edificio de palatizado en el caso del área de despachos.

La indicación aparece cuando se detecta una falla del funcionamiento del equipo o porque otro equipo que depende del primero ve afectados sus propios parámetros de funcionamiento.

En cualquiera de los casos, el responsable de operar ese equipo desde el control central respectivo solicitará al supervisor mecánico de turno / supervisor envasado y despacho (si es un problema de índole mecánica), al electricista de turno (si es un problema de índole eléctrica) o al Instrumentista de turno (si es un problema de índole instrumentista) que revise en campo el equipo, de tal forma que se pueda establecer realmente cuál es el problema que se presenta en el mismo. El supervisor, mecánico, electricista o instrumentista analiza el problema y retroalimenta al operador del equipo y/o al jefe de turno con la información recopilada. Si se trata de una falla que requiere uno o varios trabajos sencillos, el supervisor (y su grupo), electricista o instrumentista de turno la corrigen inmediatamente sin necesidad de una Ot y dejando evidencia en el reporte de actividades en turno.

De considerarlo oportuno, el jefe de turno se presenta en el lugar y chequea en campo lo afirmado por el supervisor, electricista o instrumentista. Si el problema o falla es grave, el jefe de turno, supervisor, o responsable de mantenimiento solicita el apoyo, según considere de:

- Ingeniero de mantenimiento de turno (en el caso de los turnos de llamada).

- Jefe / asistente de mantenimiento específico (mecánico, del área a la que pertenece el equipo, eléctrico o instrumentación), si se trata de un turno diurno.
- Superintendente de taller respectivo (mecánico, eléctrico o de instrumentación, dependiendo de la raíz del problema) para determinar las actividades a llevar a cabo en el equipo.

En cualquier caso se asegura que las actividades se lleven a cabo en el menor tiempo posible y cumplan con los requerimientos que aseguren la continuidad de operación del equipo hasta el próximo mantenimiento preventivo programado.

Existen partes o accesorios de equipos críticos y algunos equipos auxiliares que no poseen ningún dispositivo de control y cuya detección de fallas depende en gran medida de las inspecciones rutinarias de los mecánicos de mantenimiento predictivo. Cuando alguno de estos mecánicos detecta una falla que amerita mantenimiento correctivo, lo comunica inmediatamente al jefe de mantenimiento predictivo, al jefe de turno (de producción), supervisor o al jefe / asistente de mantenimiento del área, dependiendo del caso.

Los tipos de mantenimiento que aplican a los diferentes departamentos son:

a) Departamento mecánico

- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

b) Departamento eléctrico / instrumentación

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

c) Determinación de rutinas, frecuencias y actividades de mantenimiento

El jefe de mantenimiento mecánico de área, el jefe de mantenimiento eléctrico, el jefe de mantenimiento instrumentación o el asistente de mantenimiento mecánico de envasado y despacho (dependiendo del caso) en conjunto con el ingeniero auxiliar respectivo, definen las rutinas y frecuencia de mantenimiento predictivo y preventivo para los diferentes equipos críticos de su área basándose en los criterios definidos en el instructivo de mantenimiento predictivo y el instructivo de mantenimiento preventivo.

Si se trata de una falla o problema emergente en el equipo, el jefe/supervisor/responsable de mantenimiento de turno o el jefe/asistente/supervisor de mantenimiento de área o departamento respectivo (dependiendo del caso) definirá las actividades a llevar a cabo según el instructivo de mantenimiento correctivo.

Ya determinadas las rutinas y frecuencias de mantenimiento predictivo y preventivo, se procede a asignarlas a los diferentes planes de mantenimiento.

➤ **Impresión de órdenes de trabajo de mantenimiento y reservas**

Para la ejecución de las actividades de los diferentes tipos de mantenimiento (predictivo, preventivo o correctivo) se generan e imprimen las Ot\$ correspondientes al plan diario/semanal, en el caso del mantenimiento preventivo y al plan de mantenimiento predictivo y/o las Ot\$ de las actividades correctivas (dependiendo del caso), con sus respectivas reservas de material (de ser necesario) y se entregan al personal encargado del mantenimiento respectivo según los instructivos de mantenimiento relacionados.

1.6.2.3 Subcontratación de trabajos y actividades de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento que pueden ser subcontratados por departamento son:

A) Departamento mecánico

- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

B) Departamento eléctrico/ instrumentación

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

C) Taller automotriz

- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

Entre los rubros que pueden ser subcontratados para los diferentes tipos de mantenimiento están:

a) Mantenimiento predictivo

- Análisis de aceites
- Mediciones con ultrasonido
- Termografías, etc.

b) Mantenimiento preventivo

- Personal (mano de obra)
- Actividades específicas (modificaciones, nuevas instalaciones, etc.)

c) Mantenimiento correctivo

- Personal (mano de obra.)
- Actividades específicas (modificaciones, correcciones, etc.)

El requerimiento de subcontratación de un servicio, actividad o personal se realiza una solicitud de pedido basándose en el procedimiento de compra de materiales, productos y servicios.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

CAPÍTULO 1.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE AIRE COMPRIMIDO

2.1 Propósitos y métodos de la compresión del aire

La constante automatización en la industria, ha aumentado en gran medida la demanda del aire comprimido tal y como se muestra a continuación.

2.1.1 Propósitos de la compresión del aire

La compresión se realiza con diversos propósitos, entre los cuales están los siguientes:

- Transmisión de potencia.
- Transporte y distribución de gas.
- Alimentación de un proceso de combustión.
- Hacer circular un gas a través de un sistema o proceso.
- Obtención de condiciones más favorables en una reacción química.
- Obtención y mantenimiento de niveles de presión reducidos mediante la remoción de gases del sistema.

2.1.2 Métodos de compresión

Existen cuatro métodos para comprimir un gas, dos son de flujo intermitente, y dos de flujo continuo.

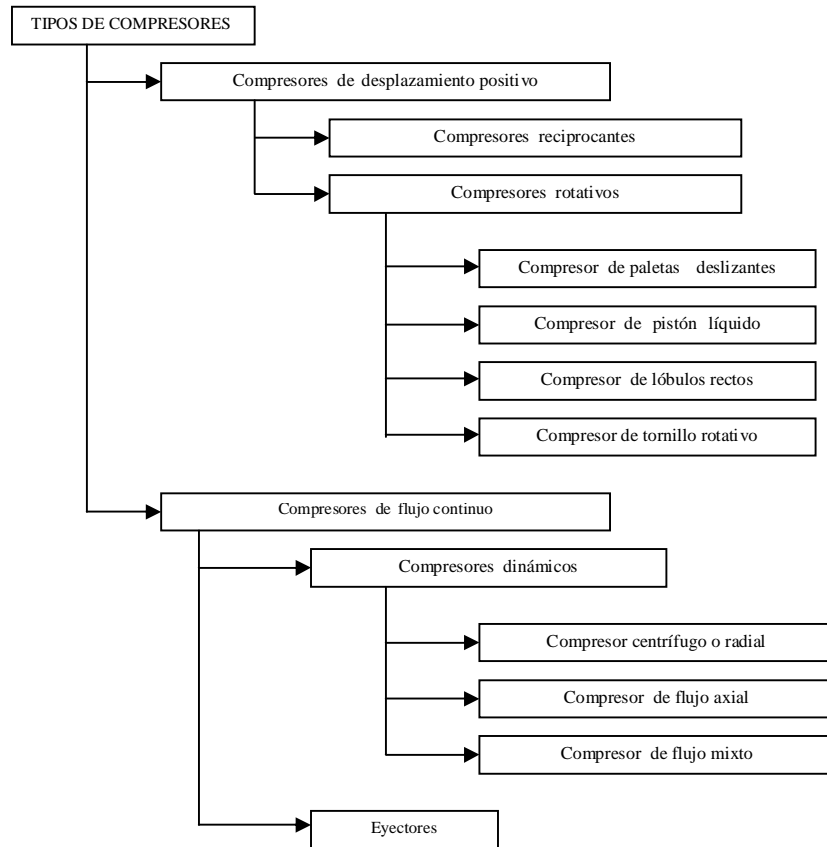
2.1.2.1 Flujo intermitente

- Son compresores donde se atrapa cantidades consecutivas de gas en una cámara, reduce el volumen (aumenta la presión) y empuja luego el gas comprimido fuera de la cámara.
- Estos atrapan cantidades consecutivas de gas en un espacio cerrado, trasladarlo sin cambio de volumen a la descarga de un sistema de alta presión y comprime el gas por el contraflujo del sistema de descarga; finalmente, empuja el gas comprimido fuera de la cámara.

2.1.2.2 Flujo continuo

- Se comprime el gas por la acción de un impulsor o rotor con paletas en rápida rotación, el cual imparte velocidad y presión al gas que está fluyendo velocidad se convierte en presión en difusores estacionarios o paletas.
- Estos utilizan un chorro de gas o vapor que arrastre el gas a comprimir para luego convertir la alta velocidad de la mezcla en presión en un difusor localizado corriente abajo. Los eyectores normalmente operan con una presión de admisión inferior a la atmosférica.

Figura 13. Clasificación de los compresores



2.2 Filtración de aire comprimido

La filtración del aire es un tema de mucha importancia en la neumática ya que se necesita de mucha precisión para lograr la calidad deseada del aire comprimido.

2.2.1 Fundamentos del filtrado de aire

El aire que se succiona en un compresor no está limpio, la presencia de contaminantes puede tener un efecto dañino sobre las superficies de los componentes neumáticos.

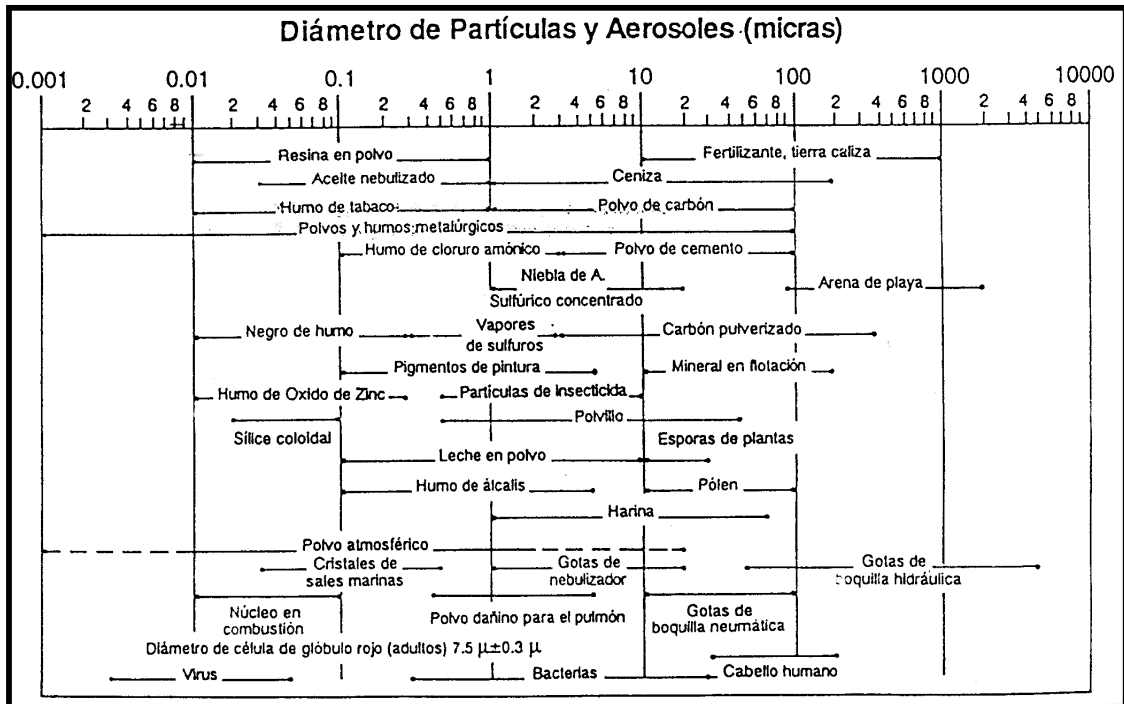
El aceite, el polvo, la suciedad, el óxido y el agua, solos o en combinación, son los principales enemigos, es por ello que estos sistemas requieren un suministro de aire comprimido cada vez más libre de estas impurezas.

Antes de hablar sobre los tipos de filtración, es necesario conocer la naturaleza de los contaminantes presentes en los sistemas de aire ver tabla III.

Tabla III. Principales tipos de contaminantes

NATURALEZA DE LOS CONTAMINANTES		
SÓLIDOS	AGUA	ACEITE
<p>Son partículas como polvo y suciedad que se encuentran en el aire de admisión del compresor (ver figura 14),</p> <p>También se encuentran los carbones, ocasionados por los aceites se descomponen cuando estos son lubricados y óxidos provenientes de las tuberías.</p>	<p>El agua entra al sistema por medio de la humedad que presenta el aire, cuando este último se enfría en la tubería se produce la condensación de vapor de agua.</p> <p>La combinación con aceites o sólidos forman un cieno (emulsión tóxica corrosiva y ácida) que es perjudicial para los procesos y componentes neumáticos. Esto ocasiona caídas de presión, formación de partículas sólidas y roturas prematuras de la red.</p>	<p>Existen dos fuentes principales de contaminación del aire por aceite; los gases presentes en el aire atmosférico y el lubricante necesario en los compresores lubricados, siendo esta última, la mayor causa contaminación por aceite.</p> <p>El condensado formado por la combinación de aceite y agua se introduce en el metal de las tuberías y con el tiempo formará grietas y posibles fugas.</p>

Figura 14. Tamaño relativo de contaminantes



FUENTE: *Ingersoll Rand, Manual del profesional del aire comprimido, p. 101*

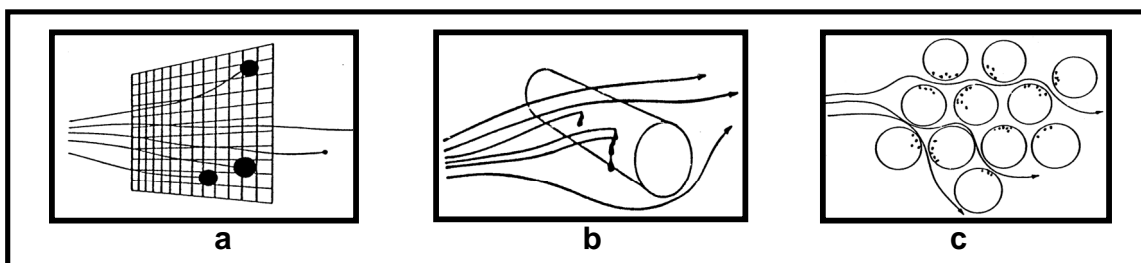
2.2.2 Tipos de filtración

Técnicamente hablando, los filtros usan los mecanismos de intercepción, coalescencia y adsorción. Cada método es efectivo para remover ciertos contaminantes y ciertos tamaños de partículas (ver tabla IV). Idealmente, para máxima efectividad, los filtros deben combinar los tres mecanismos en proporciones adecuadas.

Tabla IV. Principios fundamentales de los mecanismos para filtración

MECANISMOS PARA LA FILTRACIÓN DE AIRE.		
INTERCEPCIÓN	COALESCENCIA	ADSORCIÓN
<p>Es el método de filtración más antiguo y simple. Conocido como separación mecánica.</p> <p>Donde una partícula en el flujo de aire es bloqueada cuando encuentra un pasaje o agujero más pequeño que ella misma, la posibilidad de intercepción aumenta con el tamaño de la partícula relativo al del agujero.</p> <p>Los filtros más densamente empacados interceptarán partículas más pequeñas, pero también presentarán restricción al flujo de aire e incrementando el problema de alta caída de presión, por tal razón se debe de obtener un balance entre el área de filtrado y las limitaciones físicas en tamaño. (ver figura 15-a).</p>	<p>Las partículas de diferentes tamaños actúan de manera diferente en una corriente de aire. Las partículas suficientemente grandes decantan por su propio peso, mientras que las más pequeñas o los aerosoles permanecen suspendidos en la corriente de aire.</p> <p>Los medios filtrantes coalescentes consisten en un arreglo de obstáculos diseñados para capturar estas partículas y aerosoles.</p> <p>El impacto inercial se da, cuando las partículas de más de 0.5 micrones son lo suficientemente grandes para no poder seguir el flujo de aire cuando este cambia su dirección bruscamente, con lo cual chocan con un obstáculo que esté directamente en su camino. (Ver figura 15-b).</p>	<p>Comprende la adhesión de las moléculas de contaminante a la superficie de un adsorbente sólido. Un material adsorbente poroso con una alta relación superficie . volumen, opera muy efectivamente en esta clase de filtrado. En la medida que las moléculas de contaminante se alojan en los pequeños poros, grietas y fisuras del adsorbente, no ocurre taponamiento, por lo que con el tiempo no produce caída de presión.</p> <p>El carbón activado se usa debido a su preferencia selectiva por el vapor de aceite sobre el vapor de agua. Adicionalmente, este material posee una enorme área porosa interna. (ver figura 15-c).</p>

Figura 15. Representación gráfica de los métodos de filtración de aire



a) Intercepción. b) Coalescencia. c) Adsorción.

FUENTE: *Ingersoll Rand, Manual del profesional del aire comprimido, p. 104*

2.3 Secado del aire comprimido

El aire contiene humedad en la condición atmosférica, mantiene está misma humedad incluso después de la compresión y, por consiguiente, antes de alimentarse a cualquier sistema de control, requiere deshidratación.

2.3.1 Importancia del secado

La humedad en el aire comprimido causa serios problemas en la operación del equipo neumático. En las herramientas neumáticas, motores y cilindros, la humedad causa oxidación e incrementa el desgaste de las partes en movimiento al eliminar el lubricante de las mismas.

La presión y la temperatura tienen un efecto considerable sobre la cantidad de humedad que el aire puede retener. Las bajas presiones y altas temperaturas incrementan la capacidad del aire para retener humedad. El efecto de la presión está determinado por la relación de las presiones absolutas. Las altas temperaturas también incrementan la capacidad del aire de retener humedad, como regla general, cada 20⁰F (11⁰C) de incremento en la temperatura, aproximadamente duplica el potencial de retener humedad.

Los secadores se han convertido en elementos imprescindibles y de uso general en la producción de aire comprimido.

2.3.2 Tipos de secadores de aire comprimido

Los factores que se deben tomar en cuenta para seleccionar un secador de aire son los siguientes:

- Punto de rocío requerido para la aplicación.
- Temperatura del aire comprimido.
- Condiciones del ambiente.
- Presión de operación.
- Flujo requerido.
- Elementos disponibles.
- La naturaleza de las aplicaciones específicas.

Sobre la base de estos factores, a continuación se presentan en la tabla V, los tipos de secadores que existen con sus principales características.

Tabla V. Características de los secadores de aire

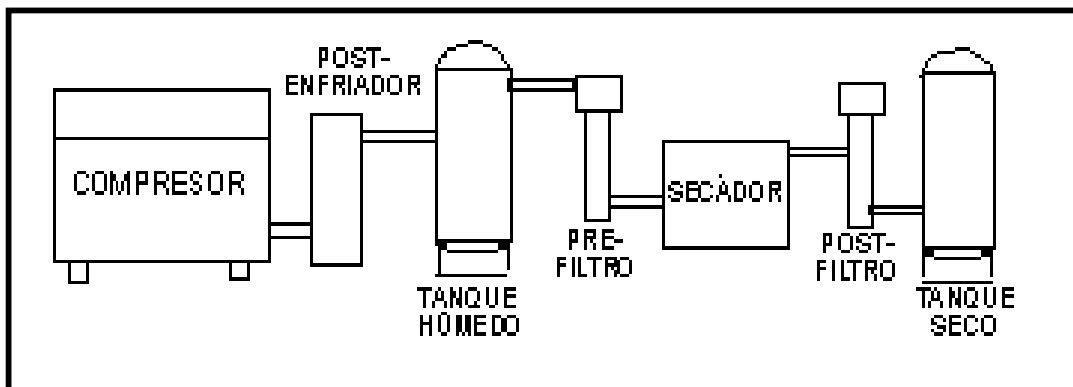
TIPOS DE SECADORES DE AIRE		
REFRIGERADOS	QUÍMICOS	ADSORCIÓN
<p>Estos secadores utilizan un circuito de refrigeración para enfriar el aire comprimido hasta una temperatura especificada (punto de rocío).</p> <p>El vapor de agua en exceso a esta temperatura se condensa y se separa en el secador.</p>	<p>Los secadores químicos son conocidos como deliquescentes, en donde el aire comprimido se pasa por alguna clase de desecante, durante un cierto tiempo, para extraer parte del vapor de agua durante su exposición. Un desecante es cualquier producto químico con afinidad por el agua.</p> <p>Este tipo de secadores el químico cambia físicamente a medida que se absorbe el agua, Existen dos tipos de esos productos químicos deliquescentes que se usan: a base de sal y de urea, la capacidad para deshidratar es muy parecida entre las dos anteriores.</p>	<p>Son los secadores más populares y económicos, estos adsorben la humedad del aire comprimido en la medida que éste pasa a través del desecante. Estos secadores pueden ser de torre sencilla donde el material desecante es reemplazado cuando está saturado, o pueden ser de torre doble, la configuración más usada, donde el aire fluye alternadamente a través de ambas torres, de tal manera que mientras que una torre está secando el aire, la otra se encuenra en el período de regeneración.</p>

2.4 Sistema de producción de aire

El sistema de producción de aire esta formado por un conjunto de equipos que interactúan para brindar las características adecuadas en la generación del aire comprimido.

2.4.1 Componentes del sistema de producción

Figura 16. Disposición de los componentes



2.4.1.1 Compresor

El compresor tiene como propósito principal servir como medio de transmisión de potencia, alimentación de un proceso de combustión y como medio de transporte y distribución de fluidos, obteniendo con esto ahorros de energía.

2.4.1.2 Post-enfriador

El objetivo principal del post-enfriador es reducir la temperatura de salida del aire, removiendo aproximadamente 60% de la humedad presente en el aire y garantizando que la temperatura del aire en la tubería no represente un peligro.

2.4.1.3 Tanque húmedo

El tanque húmedo se encarga de garantizar que haya una reserva de aire para el sistema y evitar que el compresor cicle muy frecuentemente, aumentando así la vida del compresor.

2.4.1.4 Pre-filtro

El pre-filtro remueve el agua, suciedad, óxido, escamas y otros, para mantener limpios los pasajes de aire dentro del secador.

2.4.1.5 Secador

El objetivo primordial del secador es reducir el contenido de humedad del aire, obteniendo así una mejor calidad del aire y por lo mismo, menores requisitos de mantenimiento de equipos neumáticos. El secador combinado con el post-enfriador reduce el contenido de humedad en la línea de aire en más de 90%.

2.4.1.6 Post-filtro

La finalidad del post-filtro es eliminar el acarreo de aceite o partículas, para mejorar la calidad del aire.

2.4.1.7 Tanque seco

Suministra una reserva de aire limpio para cumplir con las demandas del sistema, evitando que los picos del sistema sobrecarguen el equipo de tratamiento y minimizando las fluctuaciones de presión en la línea.

2.5 Sistema de distribución de aire

2.5.1 Tipos de sistemas de distribución

Es de considerar que un sistema de distribución de aire comprimido, el compresor de aire se coloca a cierta distancia del taller o de las instalaciones en el punto real de consumo, esto debido a razones del problema de ruido o relacionadas con la seguridad de las maquinarias y otros problemas de operación, como la transmisión de vibración a los demás equipos.

El aire comprimido se almacena en un tanque de compresión, posteriormente se lleva a los punto de consumo por medio de la tubería, esta última debe de colocarse de tal manera que se evite una caída de presión o permanezca tan baja como sea posible. Por razones económicas, siempre es mejor si la caída total de presión se limita a un valor máximo de 0.1 bar, o incluso menos.

Otros factores que influyen en la correcta selección de las instalaciones de aire comprimido son los siguientes:

- Presión de aire en la línea.
- Gasto total a través de la línea.

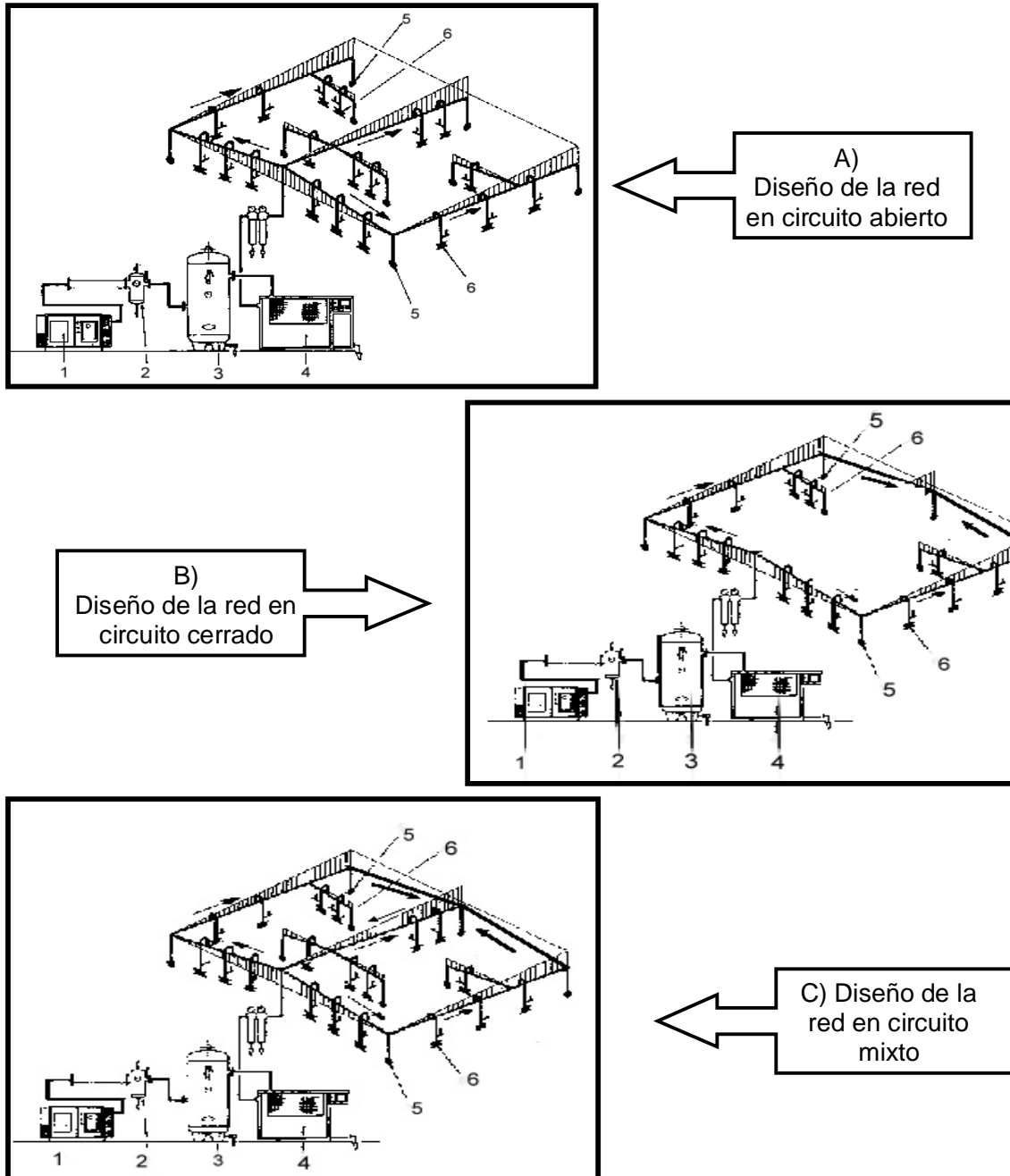
- Caída de presión admisible en la línea.
- Tipo de material del tubo y de accesorios en línea.
- Longitud y diámetro del tubo o de otras tuberías.
- Medio ambiente de trabajo, entre otros.

El sistema de distribución de las tuberías de aire comprimido puede ser de circuito abierto, cerrado y mixto como se observa en la tabla VI.

Tabla VI. Características de los sistemas de distribución de aire

CIRCUITO ABIERTO	CIRCUITO CERRADO	CIRCUITO MIXTO
<p>Es utilizado en instalaciones donde los puntos de consumo son pocos y el cuarto de compresores se encuentra relativamente cerca.</p> <p>Tiene la ventaja que pueden instalarse filtros y reguladores de presión sobre la línea principal, debido a que el flujo es en una sola dirección, obteniendo una línea principal más limpia. (Ver figura 17-A)</p>	<p>La velocidad del flujo en los puntos de uso es constante, debido a que el flujo se comparte en la línea y se une en el punto de uso en dos direcciones, es necesario que para el drenado de la línea principal diseñar una ramificación adicional en los puntos más bajos de la línea.</p> <p>Una de las desventajas de este sistema es que impide que un separador o filtro, se monte dentro del circuito en razón a su unidireccionalidad, ya que en ningún momento queda asegurado cuál es el sentido de procedencia del aire.</p> <p>Por tal razón debe de instalarse un equipo de secado total a la salida del compresor para evitar el problema y los peligros acarreados por la humedad. (ver figura 17-B)</p>	<p>Dependiendo de las características y necesidades de cada planta se diseña el sistema de distribución, en algunas ocasiones la combinación de los dos sistemas anteriores, utilizando para la línea principal el circuito cerrado y el circuito abierto en los demás ramales de distribución. Con la posibilidad de adecuarlos o combinarlos según sean los requerimientos, esto presenta la ventaja de poder utilizar las características de cada uno de los sistemas antes mencionados, esta combinación se le denomina circuito mixto. (Ver figura 17-C)</p>

Figura 17. Tipos de diseño de la red de aire



1. Compresor, 2. Refrigerador, 3. Tanque de almacenamiento con purga automática, 4. Secador, 5. Purgas en finales de ramal con válvula automática o manual, 6. Tubería de servicio (bajantes) con purga manual y enchufes.

2.6 Componentes del sistema de distribución

Existen dos grandes componentes del sistema de distribución entre ellos se tiene a las tuberías y la mangueras indispensables para la conducción del aire comprimido.

2.6.1 Tuberías

Para el transporte del aire comprimido desde la central de compresores hasta los lugares de utilización se emplea una red de conducciones conocidas bajo el nombre de tuberías.

2.6.1.1 Clasificación de las tuberías

Las tuberías se pueden clasificar según su función y su peso de la siguiente manera:

2.6.1.1.1 Clasificación por su función

➤ Tubería principal

Se le denomina así a la línea de aire que sale del depósito y canaliza la totalidad del caudal de aire. Debe tener la mayor sección posible y prever un margen de seguridad en cuanto a posteriores crecimientos de fábrica y como resultado, a un aumento del cuarto de compresores.

➤ Tuberías secundarias

Son las que toman el aire de la tubería principal, ramificándose por las zonas de trabajo, y de las cuales salen las tuberías de servicio. El caudal de aire que transportan será el correspondiente a la suma de los caudales parciales que de ella se deriven. Al mismo tiempo, es conveniente pensar en alguna futura ampliación al calcular su diámetro.

➤ Tuberías de servicio

Las tuberías de servicio, o bajantes, son las que alimentan a las herramientas o equipos neumáticos en el punto de manipulación.

Llevan los acoplamientos de cierre rápido e incluyen las mangueras de aire, así como las unidades de mantenimiento (filtro-regulador-lubricador).

Se requiere dimensionarlas conforme al número de salidas o tomas, procurando no colocar más de dos o tres acoplamientos rápidos en cada una de ellas. Y evitar poner tuberías de servicio inferiores a $\frac{1}{2} + \phi$, ya que si el aire está sucio puede tapanlas.

2.6.1.1.2 Clasificación por su peso

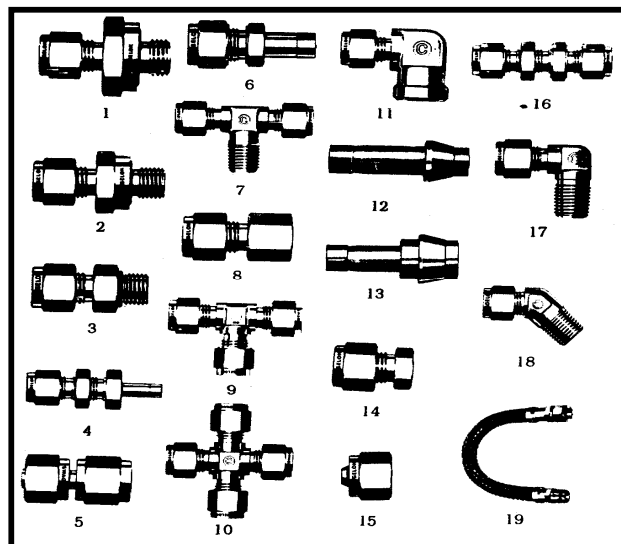
Los tubos se pueden clasificar según su peso en: peso normal (estandar), extrafuerte (XS) y doble extrafuerte (XXS). En tubos de tamaños nominales de 1/8+a 10+, los espesores de la cédula 40 ANSI son idénticos a los del tubo de peso normal. La cédula 80 (1/8+a 8+ nominales) es idéntica la tubo extrafuerte y la cédula 160 corresponde entre extrafuerte y doble extrafuerte.

Se debe tener en cuenta que el espesor de pared interior (DI), es decir, cuanto más gruesa sea la pared menor será el DI. El tubo de peso normal (estandar) se utiliza para gas, agua o plomería en general a baja presión. El tubo extrafuerte, con su pared más gruesa es para aplicaciones de presiones medianas y el tubo doble extrafuerte para aplicaciones de alta presión.

2.6.1.2 Accesorios utilizados en tuberías

Una instalación de tuberías contiene comúnmente, codos, curvas, variaciones de diámetro, válvulas, etc (ver figura 18), llamados en conjunto accesorios, permiten y facilitan el diseño de las redes de distribución, aunque estos también presentan la desventaja que generan una pérdida de la presión suplementaria.

Figura 18. Accesorios para tubos de líneas de aire



1. Rosca de tubería de conector macho con empaquetadura en O, 2. Conector de rosca cilíndrica con empaquetadura en O, 3. Cubo de rosca cilíndrica para conector macho, 4. Reductor de obturación, 5. Bloque de recalcar para un adaptador, 6. Reductor, 7. T múltiple macho, 8. Conector hembra, 9. Unión en T, 10. Unión en cruz, 11. Codo hembra, 12. Conector de orificio, 13. Conector reductor de orificio, 14. Casquete, 15. Tapón, 16. Unión de obturación, 17. Codo macho, 18. codo macho de 45°, 19. Conector flexible de manguera metálica.

Si se tienen pocos accesorios en una instalación, puede prescindirse de calcular la pérdida de presión que presentan, pero, si en el sistema se tiene un número considerable, es indispensable tenerlos en cuenta.

Para encontrar un resultado rápido con aproximación aceptable, basta añadir, a la longitud propia de la tubería que se está proyectando, un suplemento de longitud de tubería que compense la pérdida de presión ocasionada por dichos elementos. La tabla VII da la longitud, en metros, equivalente a la pérdida de presión en diversos accesorios de tubería.

Tabla VII. Pérdida de presión en los accesorios de tubería, expresada en metros equivalentes de tubería recta

Accesorios para tubería	Longitud equivalente en metros						
	Diámetro interior tubería						
	1+	1 1/2+	2+	3+	4+	5+	6+
Válvula de diafragma	1.5	2	3	4.5	6	8	10
Válvula de compuerta	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	2.5
Curvas de 90°	0.3	0.5	0.6	1	1.5	2	2.5
Curvas de 45°	0.15	0.25	0.3	0.5	0.8	1	1.5
Codos redondos	1.5	2.5	3.5	5	7	10	15
Codos con enlace	1	2	2.5	4	6	7.5	10
Tes	2	3	4	7	10	15	20
Manguitos de reducción	0.5	0.7	1	2	2.5	3.5	4

La pérdida de presión real, entre dos puntos del circuito, será igual a la suma de todas las pérdidas de carga de los accesorios y la correspondiente a la tubería recta que los une.

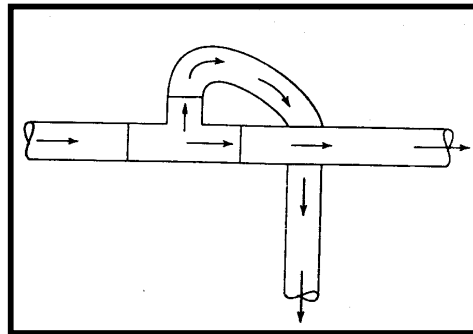
Por tal razón, al diseñar una instalación se debe de procurar emplear la cantidad mínima de accesorios posibles por las repercusiones negativas que tienen sobre la presión de trabajo.

2.6.1.3 Métodos de instalación de tuberías

Para la instalación de tuberías se deben de considerar los siguientes puntos para facilitar el servicio a la línea.

- Las líneas principales de aire deben colocarse de manera que sean accesibles desde todos los lados (para facilitar la inspección).
- Si es posible, no se empotren las líneas en paredes o en ductos angostos.
- Los tendidos horizontales de la línea de aire se le debe de dar una pendiente de uno a dos por ciento, en la dirección del flujo.
- La línea principal de aire no debe terminar en un punto en donde tenga una ramificación adicional de las líneas hacia puntos de consumo. Se debe colocar una trampa de agua en el extremo de cada ramal.
- Los ramales siempre deben arrancarse desde la parte superior de la línea principal, como se ilustra en la figura 19.

Figura 19. Ramificación de las líneas neumáticas



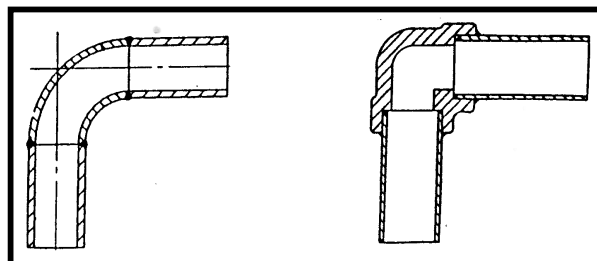
FUENTE: S.R. Majundar, **Sistemas neumáticos**, p. 22

Los métodos más comunes para la unión de tubos y accesorios son los siguientes:

2.6.1.3.1 Soldadura con arco o con gas

Esta técnica requiere la fusión de dos superficies metálicas para formar una. El metal se une por medio de un arco eléctrico produciendo calor para fundir y unir el metal. En la soldadura con gas se utiliza una llama de dos gases para producir las temperaturas para la fusión.

Figura 20. Tipos de soldadura con arco o con gas



FUENTE: Robert Rosaler, **Manual de mantenimiento industrial**, p.10.18

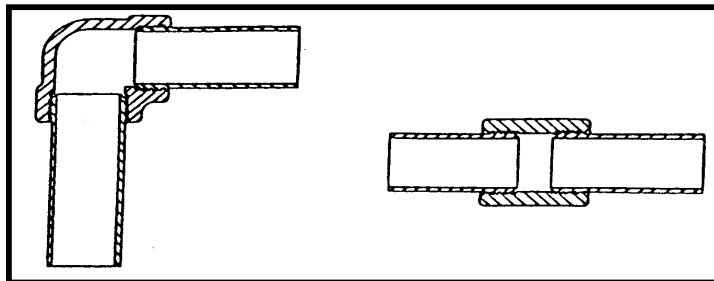
2.6.1.3.2 Soldadura dura o con bronce

Es un tipo de soldadura muy común en sistemas de tuberías domésticas no ferrosas, se produce conforme se calienta el metal de aporte que tiene un punto de fusión superior a 800°F , pero menor que el del metal base, para lograr la unión.

2.6.1.3.3 Roscado

Método utilizado con frecuencia para sistemas de tubería de diámetro pequeño y para bajas presiones. Se pueden unir por medio de roscas rectas o cónicas. Las conexiones roscadas se fabrican en gran variedad de metales tales como el hierro maleable, acero, acero forjado, bronce, etc.

Figura 21. Accesorios roscados



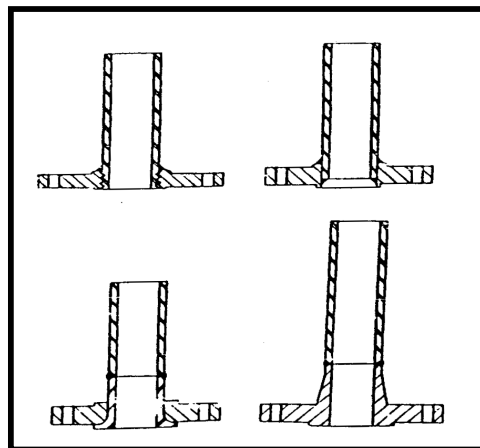
FUENTE: Robert Rosaler, *Manual de mantenimiento industrial*, p.10-19

2.6.1.3.4 Embridado

Las uniones por medio de bridas se utilizan en instalaciones donde es muy frecuente el desarme para facilitar el mantenimiento de las conexiones del equipo.

Para lograr una correcta instalación se debe obtener una superficie correcta entre la cara de la brida y el asiento consiguiendo que la empaquetadura pueda tener una unión hermética. El tubo que acopla con los extremos de las bridas puede estar roscado o ser para soldar a tope, conexión deslizante o con soldadura de casquillo.

Figura 22. Tipos de uniones con bridas

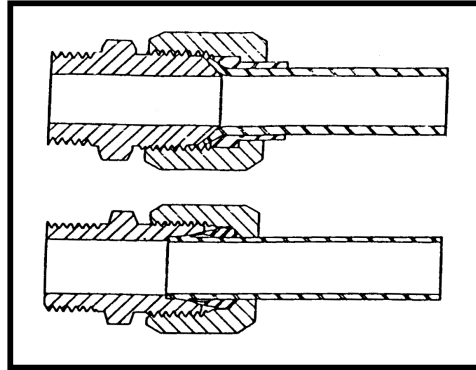


FUENTE: Robert Rosaler, **Manual de mantenimiento industrial**, p.10-26

2.6.1.3.5 Tubo de pared delgada

Los tubos de pared son muy utilizados sus aplicaciones incluyen transmisión de potencia con fluidos, instrumentación y servicio en general. El tubo de este tipo se puede doblar en diversas configuraciones debido a que sus diámetros son pequeños y sus paredes son delgadas. Posee grandes ventajas gracias a su flexibilidad y facilidad de trabajo entre ellas, ahorros en costos ya que minimizan las cantidades de conexiones y accesorios.

Figura 23. Conexiones con tubo de pared delgada



FUENTE: Robert Rosaler, **Manual de mantenimiento industrial**, p.10.26

2.6.2 Mangueras

Las mangueras son parte importante en el sistema de distribución, a pesar de esto muchas veces se descuidan aspectos en su selección, entre ellos se tienen:

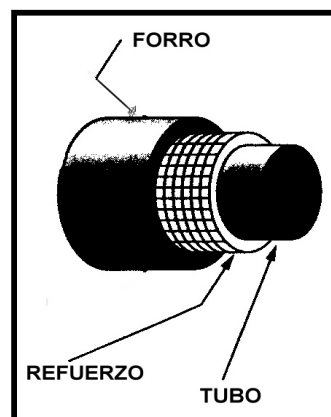
- Utilizar mangueras de la mejor calidad.
- No utilizar mangueras de diámetro pequeño en tramos largos, ya que las pérdidas por rozamiento anularán cualquier ahorro en el costo de adquisición de las mangueras de diámetro menor que el requerido.
- Descartar mangueras con superficie rugosa, con defectos o con parches.
- Cada tipo de manguera esta destinado para cierto tiempo de vida útil.

2.6.2.1 Construcción

Debido a que la tubería flexible está sujeta a movimiento, se fabrican en capas de goma y en algunas con trenzado de alambre para mayor presión, en la parte interior debe ser compatible con el fluido empleado.

Se deben colocar en tramos cortos. En la figura 24 se puede observar un ejemplo de una sección de manguera.

Figura 24. Construcción de mangueras



FUENTE: Marcial Carboles, **Manual de mecánica industrial**, p. 2-200

A la capa interna se le denomina tubo, y su función es contener las sustancias que se conducen y transmitir con uniformidad al refuerzo, las fuerzas debidas a la presión.

2.6.2.2 Selección

Las selección adecuada de una manguera con lleva los siguientes aspectos, que son necesarios para cada aplicación específica.

- Diámetro interior requerido
- Longitud requerida
- Material que se va a conducir (composición química y rango de temperaturas)
- Presión de trabajo
- Extremos o conexiones requeridos
- Medio ambiente (clima, temperatura, etc.)
- Esfuerzos externos (aplastamiento, tracción, dobleces o torceduras)
- Requisitos especiales (normas de seguridad, pruebas especiales, etc.)

3. SISTEMA ACTUAL DE OPERACIÓN DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO EN PLANTA

3.1 Compresores

En planta San Miguel se utilizan compresores estacionarios de tornillo de una etapa, marca *Atlas Copco*. Los cuales se caracterizan por su gran capacidad para producir aire comprimido ya que son los de mejor eficiencia.

3.1.1 Tipos de compresores

Los compresores *Atlas Copco* que se encuentran en la planta San Miguel se clasifican según su capacidad y tamaño siendo estos:

- 2 compresores GA 45
- 2 compresores GA 110
- 9 compresores GA 200 W

Los compresores GA son compresores estacionarios de tornillo, de una sola etapa, con inyección de aceite y son accionados por un motor eléctrico.

Los compresores GA 45 y GA 110 son refrigerados por aire, mientras que los GA 200 W son refrigerados por agua por su sigla en ingles "*Water*".

Todos los compresores se encuentran alojados dentro de una carrocería silenciadora, donde se encuentra un módulo de control electrónico y los botones para arranque y parada, detrás del cual se encuentra un armario que encierra el equipo de arranque.

3.1.2 Capacidades

La generación de aire se encuentra dividido en dos, en primer lugar se tiene el aire directamente para producción, es decir accionamiento de equipos, llamado aire primario y por otro lado se tienen los compresores para el aire secundario que es utilizado para limpieza y algún trabajo en cualquier área.

Para el aire primario se utilizan los compresores GA-200W y para el aire secundario se utilizan los GA-45 y GA-110, los compresores GA-200W son de mayor capacidad para la generación de aire y tienen la ventaja que son refrigerados por medio de agua, mientras que los compresores para la generación del aire secundario son enfriados por aire. Las capacidades de los compresores varían según su tipo, tal y como se muestra en la tabla VIII.

Tabla VIII. Capacidades de los compresores Atlas Copco

ESPECIFICACIONES		TIPO DE COMPRESOR		
		GA 45	GA 110	GA 200 W
Frecuencia	Hz	60	60	60
Número de etapas de compresión		1	1	1
Máxima presión (de descarga)	bar (e)	7.4	7.4	9.1
Presión de trabajo nominal	bar (e)	6.9	6.9	8.6
Mínima presión de trabajo	bar (e)	4	4	4
Máxima temperatura de entrada del aire	°C	40	40	40
Máxima temp. de salida del agua de refrigeración	°C	---	---	50

Continuación

Máxima presión de entrada del agua de refrigeración	bar (e)	---	---	5
Flujo recomendado del agua de refrigeración *	l/s	---	---	3.9
Temperatura del aire que sale de la válvula de salida a presión nominal de trabajo aprox.	°C	26	28	30
Motor, ABBHXV		---	505MA-4	315L4
Velocidad del eje del motor	r/m		1790	1790
Capacidad de aceite, aprox.	l	17.5	75	125
Nivel de presión de sonido según CAGI PNEUROP a una distancia de 1m en condiciones de campo libre	dB	78	77	75

- con una temperatura de entrada del agua de refrigeración entre 25°C y 40°C.

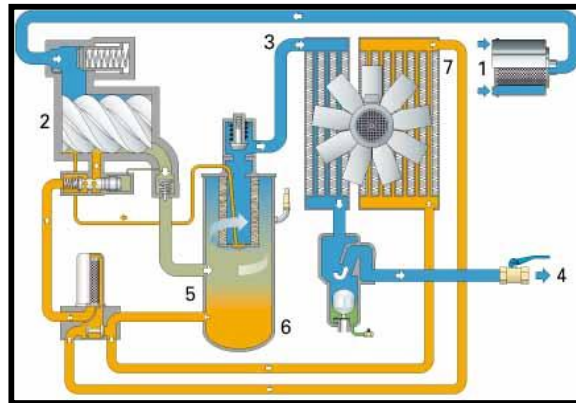
3.1.3 Funcionamiento

Los compresores rotativos en este caso los *Atlas Copco*, son los compresores más eficientes en la producción de aire comprimido, la única desventaja que poseen es que necesita de una capa de aceite dentro del área de compresión, lo que ocasiona contaminación de aire, pero es limpiado posteriormente con los filtros de aire. Su funcionamiento es el siguiente.

El aire es aspirado a través del filtro y la válvula de entrada (1), el aire es comprimido en el elemento compresor (2), el aire comprimido y el aceite mezclado pasan al deposito aire / separador de aceite (5), el aire es enfriado (3), y es descargado en (4).

Mientras que la mayor parte del aceite es separado centrífugamente de la mezcla aire / aceite, es retirado en (5) depositado en (6) y enfriado en (7) para su posterior y constante utilización. Ver figura 25.

Figura 25. Ejemplo de funcionamiento del compresor *Atlas Copco*

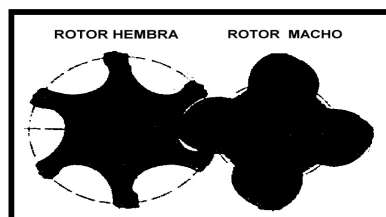


- 1) entrada de aire, 2) elemento compresor, 3) post-enfriador, 4) salida de aire, 5) trampa de aceite, 6) depósito de aceite, 7) enfriador de aceite.

3.1.4 Principios de operación

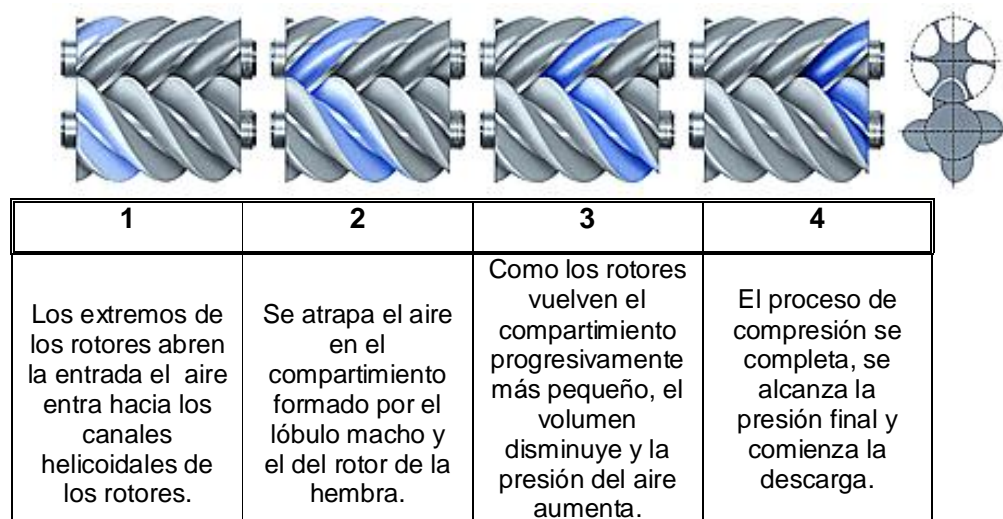
El principio es simple. Dos rotores helicoidales, uno con cuatro lóbulos y el otro con seis (ver figura 26), combinan el desplazamiento positivo con la compresión interna. El aire entra por la brida de succión y es transportado atrapándolo en espacios que disminuyen de forma continua entre las convoluciones de los dos rotores helicoidales. El resultado es la compresión del gas a la presión final antes que sea expulsado por la boquilla de descarga (ver figura 27), en el proceso de compresión se inyecta aceite a los rotores para que se minimice el desgaste de los mismos.

Figura 26. Vista frontal de los rotores de los compresores de tornillo



FUENTE: Heinz P. Bloch, *Guía práctica para la tecnología de los compresores*, p. 156

Figura 27. Principio de operación del compresor de tornillo marca *Atlas Copco*



3.1.5 Mantenimiento

El mantenimiento a los compresores *Atlas Copco*, lo realiza una empresa externa y son de tipo preventivo, según las horas de trabajo, como se indica a continuación:

- 4,000 horas
- 8,000 horas
- revisión mensual
- Rutina diaria.

El departamento de mantenimiento predictivo realiza periódicamente una inspección por medio de vibraciones, temperaturas y aceites y genera un aviso en caso de algún problema que detecten, se tiene muy buen control en mantenimiento predictivo y preventivo como se muestra a continuación.

Tabla IX. Las actividades realizadas en el mantenimiento

TIPO DE SERVICIO	ACTIVIDADES A REALIZAR
Servicio general mensual en compresores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cambio de aceite * ➤ Cambio de filtros de aceite * ➤ Cambio de separador de aire-aceite* ➤ Comprobación de válvula de cheque ➤ Comprobación de válvula de paro de aceite ➤ Comprobación de válvula termostática ➤ Revisión restrictotes de paso de aceite ➤ Inspección válvula de control ➤ Inspección de válvula de venteo ➤ Inspección de válvula de descarga ➤ Inspección de válvula de presión mínima ➤ Comprobación de hermeticidad (fugas) en circuitos de aire, aceite, condensado y agua de enfriamiento ➤ Inspección de trampa de condensado ➤ Limpieza de radiadores.**
Servicio general mensual en secadores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Comprobación de presión y carga de gas ➤ Comprobación de hermeticidad de circuitos de gas, aire y agua de enfriamiento ➤ Comprobación de temperaturas y punto de rocío ➤ Inspección válvula de condensado.
Servicio general mensual de enfriadores de aceite	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Remoción de enfriadores ➤ Limpieza de bridas de acople ➤ Cambio de sellos %Ω+* ➤ Reinstalación y prueba de hermeticidad.
Servicio mensual de motores eléctricos y arrancadores magnéticos en compresores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Engrase de cojinetes ➤ Prueba de aislamiento de bobinados ➤ Inspección de platinos en contactores * ➤ Comprobación de ajuste de conexiones.
Servicio mensual de limpieza de filtros de los secadores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desmontaje de elementos ➤ Comprobación de empaquetaduras ➤ Limpieza de elementos ➤ Comprobación de presión diferencial.

*Según registro de tiempos.

**En equipos enfriados por aire

3.2 Accesorios

Los accesorios son los elementos que ayudan la conducción, y utilización del aire comprimido así como su identificación en planta San Miguel, siendo ellos las válvulas, filtros, reguladores, lubricadores y las tarjetas de identificación TAG´S los cuales se describen a continuación:

3.2.1 Válvulas

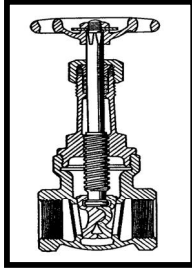
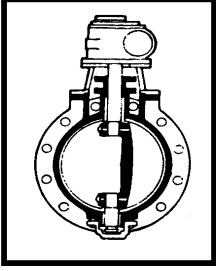
Una válvula se puede definir como un dispositivo mecánico por medio del cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de fluidos (líquidos o gases) mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Ya que la válvula es considerada como un dispositivo mecánico, debe de instalarse en forma correcta y se le debe seleccionar de tal manera que pueda desarrollar el trabajo que se espera de ella con la eficiencia necesaria.

3.2.1.1 Tipos de válvulas

En la planta San Miguel se utilizan diferentes tipos de válvulas, la tabla X muestra su función, ventajas y desventajas, así como sus características principales.

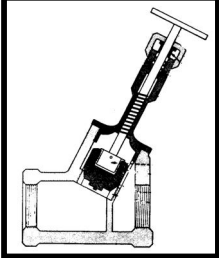
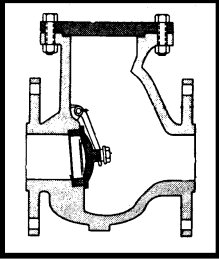
Tabla X. Tipos de válvulas utilizadas en la planta San Miguel

TIPO DE VÁLVULA	ANÁLISIS DE LAS VÁLVULAS UTILIZADAS	FIGURAS
<p>COMPUERTA</p>	<p>En planta San Miguel se utiliza mucho este tipo de válvula, en diferentes diámetros siendo los más comunes de ½", ¾", 1" hasta 2", es utilizada para cierres de emergencia en los equipos y normalmente se encuentran abiertas.</p> <p>En ocasiones se encuentra en estrangulación lo cual no se debe de permitir ya que sufre erosión y producen turbulencia.</p> <p>Su principal desventaja es que no se puede utilizar para regular el flujo y tiene la ventaja de una apertura rápida para accionamiento.</p> <p>Se tienen un total de 144 válvulas de este tipo, dato obtenido de los libros de TAG´S, que se describen en la sección 4.2.4.1.</p>	
<p>GLOBO</p>	<p>Al igual que las válvulas de compuerta, éstas son muy utilizadas en la planta, se encuentran en equipos o maquinaria que necesita de estrangulación de aire moderada o alta.</p> <p>Su principal ventaja comparada con la válvula de compuerta es que permite estrangulación del aire y es muy utilizada por su versatilidad.</p> <p>Actualmente existen 516 válvulas de este tipo y varias medidas, de las cuales 295 corresponden a la línea No. 1, 158 en la línea 2 y 63 a la línea 3. Algunas de éstas se encuentran en mal estado y requieren su reemplazo.</p>	
<p>MARIPOSA</p>	<p>El uso principal de estas válvulas es para servicio de corte y estrangulación.</p> <p>Este tipo de válvulas es uno de los tipos más antiguos que se conocen, posee las ventajas que son sencillas, ligeras y de bajo costo. El costo de mantenimiento también es bajo porque tienen un mínimo de piezas móviles.</p> <p>Las válvulas de mariposa tienen limitaciones en la temperatura debido al material del asiento y de los sellos, por tal razón no se utilizan con frecuencia ya que presentan desgaste y</p>	

Continuación

	<p>dificultan el cierre ocasionando problemas de hermeticidad. Actualmente se disponen de 26 válvulas de este tipo, 2 en la línea 1 y 24 en la línea 3.</p>	
MACHO	<p>El uso principal de las válvulas macho, en la planta San Miguel, igual que las válvulas de compuerta, es en servicio de corte sin estrangulación. Debido que el flujo por la válvula es suave e ininterrumpido, hay poca turbulencia dentro de ella y por lo tanto la caída de presión es baja.</p> <p>Las principales ventajas son: acción rápida, operación sencilla, espacio mínimo para instalación y cierre hermético cuando tienen macho cónico.</p> <p>Actualmente se tienen 9 válvulas en total, y requiere de una herramienta manual para su apertura o cierre.</p>	
BOLA	<p>Las válvulas de bola, básicamente, son válvulas macho modificadas. Aunque se han utilizado desde hace mucho tiempo, su empleo estaba limitado debido al asentamiento de metal contra metal, hoy en día son muy utilizados debido que se han sustituidos los metales con asientos plásticos.</p> <p>Actualmente es la válvula que más se utiliza en la Planta ya que son de operación rápida, fácil mantenimiento y no requieren lubricación. Se tienen 623 válvulas en total, siendo 171 en la línea 1, 80 en la línea 2 y 372 en la línea 3.</p> <p>Sus principales ventajas son: de acción rápida y no requiere lubricación, mientras que su desventaja es que no se utiliza para estrangulación.</p>	
DIAFRAGMA	<p>Este tipo de válvulas se utiliza en servicios para corte y estrangulación.</p> <p>Tienen la ventaja que aíslan el líquido que se maneja del mecanismo de operación, por tal razón el fluido no puede tener contacto con las piezas móviles en donde normalmente ocasionarían corrosión y fallas del mecanismo.</p> <p>En la planta San Miguel no se acostumbra su utilización limitándose a 2 válvulas en total, su principal aplicación es para bajas presiones.</p>	

Continuación

<p>EN Y</p>	<p>Las válvulas en Y son la modificación de las válvulas de globo, tienen un conducto rectilíneo de una válvula de compuerta.</p> <p>Tienen la ventaja de que el orificio para el asiento está a un ángulo de 45° con el sentido de flujo. Y por tal razón se logra una trayectoria más lisa, similar a la de la válvula de compuerta. Así también tiene buena capacidad para estrangulación.</p> <p>Al igual que las válvulas de diafragma no se acostumbra su utilización solo se tienen 2 válvulas en total.</p>	
<p>RETENCIÓN O CHEQUE</p>	<p>Las válvulas de retención o de cheque son integrales y se destinan a impedir el retorno del aire en la tubería.</p> <p>Actualmente se encuentran 22 válvulas en total, 8 pertenecen a la línea 1, 4 a la línea 2 y 10 se encuentran en la línea 3. Se utilizan en diferentes puntos de la red y evita el retorno del aire, logrando mantener aire en el sistema.</p>	

3.2.1.2 Funcionamiento

Como se puede observar en la sección anterior cada tipo de válvula está diseñada para diferentes funciones dependiendo de sus características, las cuales se presentan en la tabla XI, donde se muestra una referencia más específica de cada una de ellas.

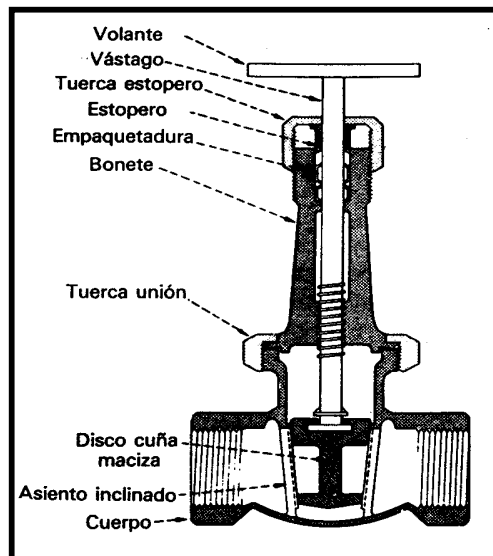
Tabla XI. Funcionamiento de los diferentes tipos de válvulas

VÁLVULAS DE COMPUERTA:	<p>Diseñadas para cierre, (ON-OFF), No se recomienda para regulación ya que la compuerta y el sello tienden a sufrir rápida erosión. Puede sufrir turbulencia cuando la compuerta está parcialmente abierta. Circulación ininterrumpida y con poca caída de presión. Sus partes son: Volante, Vástago bonete, compuerta, asiento y cuerpo. Existen 2 tipos: Vástago fijo (no elevable), Vástago móvil. Son de apertura rápida. Paso completo o drenaje libre.</p>
VÁLVULAS DE MARIPOSA:	<p>Es de las más antiguas. Sencillas y ligeras. Consto de mantenimiento bajo. Servicio de corte y estrangulación. Adecuada para bajas presiones. Operación frecuente. Diseñada para bajas caídas de presión.</p>
VÁLVULAS DE DIAFRAGMA:	<p>Función (abrir-cerrar). Para bajas presiones. Paso completo.</p>
VÁLVULAS DE GLOBO:	<p>Más versátiles. Función ON-OFF. Operación frecuente. Altas caídas de presión.</p>
VÁLVULAS MACHO:	<p>Son las más antiguas. Servicio de corte y estrangulación. El paso es suave e ininterrumpido. Caída de presión. Operación rápida. Operación frecuente. Sello hermético con macho cónico. El macho puede ser cónico o cilíndrico.</p>
VÁLVULAS DE BOLA:	<p>Tiene un obturador esférico (macho modificado). El paso es perfectamente esférico. Funcionamiento para estrangulación y cierre. Son de bajo torque comparado con otras. Tiene asientos plásticos. Abre a 90°. No requiere lubricación. Generalmente son de 2 vías aunque en algunas ocasiones pueden tener 3 vías. Pueden ser automatizadas con cierta facilidad. Se rige bajo el principio de ðesfera flotanteö. Sus partes son: Cuerpo, tapas, vástago, bola ðesferaö, sellos ðcuerpo tapaö, asientos, sellos del vástago y maneral. Sus conexiones pueden ser entre otras: Bridas, Clamp (conexión rápida), Pueden ser de acero al carbón A-216-WCB, Acero inoxidable A-350-CF8M.</p>

3.2.1.3 Mantenimiento

El mantenimiento de las válvulas en planta San Miguel aún no se realiza, a pesar que el mantenimiento en servicio suele estar limitado a apretar tornillos de la unión entre el bonete y el cuerpo y los del estopeño (ver figura 28), aunque en caso de emergencia se pueden instalar nuevos empaques. El reemplazo de ésta en una válvula que está en servicio siempre es peligroso y sólo se debe intentar después de que el asiento posterior se encuentra asentado en forma hermética contra el bonete, estos asientos solo se utilizan en las válvulas de compuerta y de globo.

Figura 28. Partes de una válvula de compuerta



FUENTE: Richard W. Greene, *Válvulas, selección y mantenimiento*, P.13

El mantenimiento mayor de las válvulas de una tubería, aunque esté fuera de servicio, sólo se hace en circunstancias especiales. El grado de reparaciones en las válvulas está limitado por su diseño.

Es más conveniente desmontar una válvula con bridas e instalar una de repuesto, que intentar repararla instalada, aunque el diseño de la válvula permita hacer ciertas reparaciones sin desmontarla. A veces, las válvulas grandes se les pueden dar servicio cuando están instaladas, pues puede ser difícil desmontarlas para llevarlas al taller de mantenimiento.

Las válvulas que se pueden reparar sin desmontarlas, para corregir problemas con el asentamiento e instalar nuevos discos o sellos de asiento, son las de compuerta, globo, retención, macho, bola y diafragma. Se debe de desarmar la mayor parte de las válvulas de bola y de mariposa para tener acceso a los sellos de la bola y de los asientos.

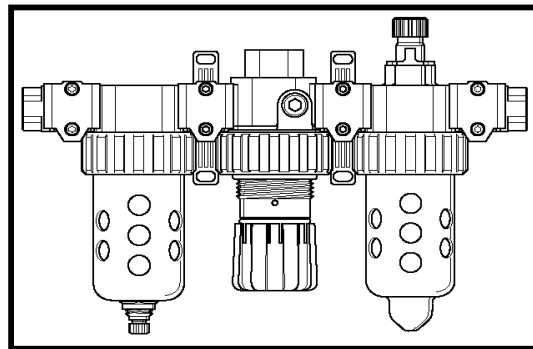
3.2.2 Unidades de mantenimiento

La seguridad de funcionamiento y la duración de una instalación neumática dependen considerablemente del buen acondicionamiento del aire comprimido, esto se logra mediante la combinación de filtración, regulación y lubricación que conforma una unidad de mantenimiento, los cuales son diseñados con ciertas características según las necesidades requeridas.

Actualmente no se les da mantenimiento a estos equipos, solo se proporciona aceite lubricante a algunos lubricadores por parte del departamento de lubricación en su rutina semanal. Debido a la falta de control y mantenimiento se ocasionan problemas y daños en los equipos neumáticos.

La figura 29 muestra una combinación de una de éstas utilizadas en planta San Miguel, Actualmente cuentan con muchos tipos de marcas, lo que ocasiona dificultad para el reemplazo de elementos filtrantes y cálculo del aceite lubricante en el caso de los lubricadores.

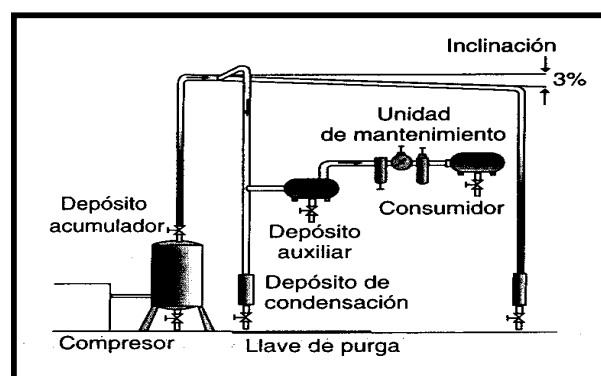
Figura 29. Combinación de filtro, regulador y lubricador para utilización general, del aire comprimido



FUENTE: Manual *Parker Pneumatic*, preparación de aire II, p. 82

La figura 30 muestra como deben de instalarse el conjunto de unidad de mantenimiento ya que permite un correcto drenado del condensado formado en las tuberías.

Figura 30. Típica instalación de la unidad de mantenimiento

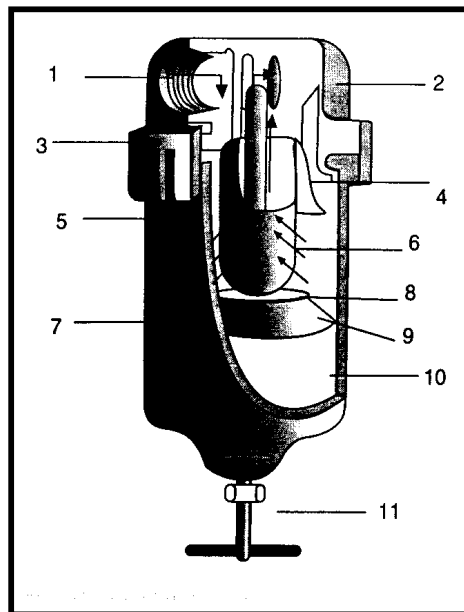


FUENTE: Marcial Carboles Maeso, *Manual de mecánica industrial*, p. 20

3.2.2.1 Filtro

Los filtros se fabrican en diferentes modelos y deben tener drenajes accionados manualmente, semiautomática o automáticamente, los más utilizados en planta San Miguel están provistos de depósitos con material irrompible y transparente, la figura 31 muestra un filtro de aire comprimido convencional donde se muestran las partes más importantes para efectuar la filtración de las impurezas y eliminación de condensados en la red de aire comprimido.

Figura 31. Partes del filtro de la unidad de mantenimiento



- 1) entrada de aire; 2) salida de aire limpio; 3) aro de sujeción; 4) deflector;
5) protector de deflector; 6) elemento filtrante; 7) depósito; 8) disco
antisalpicaduras; 9) pantalla; 10) zona de calma; 11) grifo de purga.

FUENTE: Marcial Carboles Maeso, **Manual de mecánica industrial**, p. 21

3.2.2.1.1 Función

El objetivo de los filtros es extraer del aire las partículas de suciedad y debe permitir recoger y evacuar el condensado. Existen tres factores importantes que deben observarse en un filtro:

- La eficiente remoción de líquidos y partículas sólidas.
- La necesidad de observar el estado de la línea y proveerla de un drenado y limpieza eficiente.
- Conocer el porcentaje de flujo para determinar el tamaño del filtro con un funcionamiento óptimo.

3.2.2.1.2 Tipos

Los filtros de aire varían tanto en tamaño y diámetro de la tubería, en planta San Miguel se utilizan desde 3/8" hasta 1" y el elemento filtrante es de 40 micrones de capacidad para la retención de partículas, se clasifican como se muestra a continuación:

Tabla XII. Clasificación de los filtros de aire

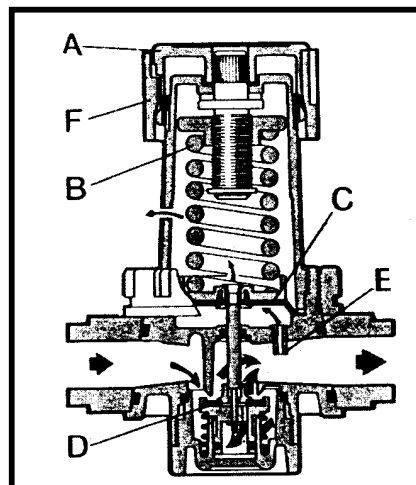
POR LA CAPACIDAD DEL ELEMENTO FILTRANTE:	POR EL TIPO DE DRENADO:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 5 micrones ➤ 25 micrones ➤ 40 micrones 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Drenado automático ➤ Drenado manual ➤ Drenado de pulsar

3.2.2.2 Regulador

Los reguladores de presión, también son llamados manórreductores son aparatos de gran importancia en la planta ya que mantienen la presión de aire apropiada a los equipos. Se encuentran en función de su construcción, proyecto y de los materiales empleados, pueden trabajar entre unas gamas de presión de 1 a 12 bar. Mientras que en la planta San Miguel se trabaja a una presión de 6 bar.

La figura 32 muestra las partes principales de un regulador utilizado en planta San Miguel donde la salida de aire siempre es igual o inferior a la entrada del aire y la presión oscilará muy poco con respecto al valor prefijado al regulador.

Figura 32. Partes de un regulador de presión



A) Botón de ajuste; B) Muelle; C) diafragma; D) Válvula; E) Tubo sifón; F) Llave de paso.

FUENTE: **Enrique Carciner Royo**, Aire comprimido, p. 178

3.2.2.2.1 Función

El objetivo principal de los reguladores en planta San Miguel es proporcionar la presión deseada para obtener el rendimiento óptimo en los equipos neumáticos, además mantienen estable las condiciones de flujo, no importando las fluctuaciones en la línea principal.

3.2.2.2.2 Tipos

Se fabrican diversos tipos de reguladores, pero generalmente basados todos en el mismo principio entre ellos se tienen:

Por la dirección del flujo del aire comprimido:

- De una vía. (Se utiliza en circuitos abiertos el flujo solo en una dirección).
- Dos vías. (se emplean en circuitos abiertos)
- Tres vías (se utilizan en circuitos cerrados, poseen una salida extra para prever un aumento de la presión por encima de la deseada).

En la planta se utilizan reguladores que van desde $\frac{1}{2}$ +hasta 1+de diámetro según la tubería empleada.

3.2.2.3 Lubricador

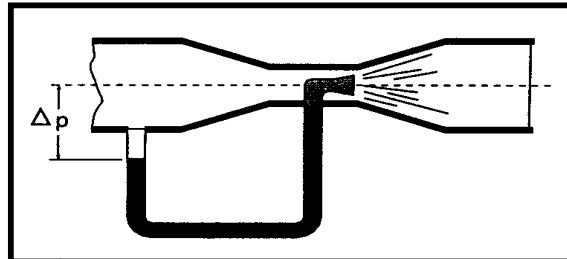
Son aparatos que regulan y controlan la mezcla de aire-aceite. En la planta son indispensables para la conservación de los cilindros neumáticos permitiendo mayor vida útil y reduce el tiempo de fallas de los equipos.

Para la lubricación se recomienda que los aceites posean las siguientes características:

- Muy fluidos.
- Contener aditivos antioxidantes.
- Contener aditivos antiespumantes.
- No perjudicar a los materiales de las juntas y elastómeros empleados en los elementos neumáticos.
- Tener una viscosidad poco variable.
- Los aceites de vaselina no son recomendables, debido a que se oxidan mucho y perjudican las piezas en movimiento.
- No se debe de utilizar aceites vegetales (forman espumas).
- En los aceites a emplear, el punto de anilina debe estar entre 80-100% y la viscosidad equivalente práctica, aproximadamente, SAE 10.

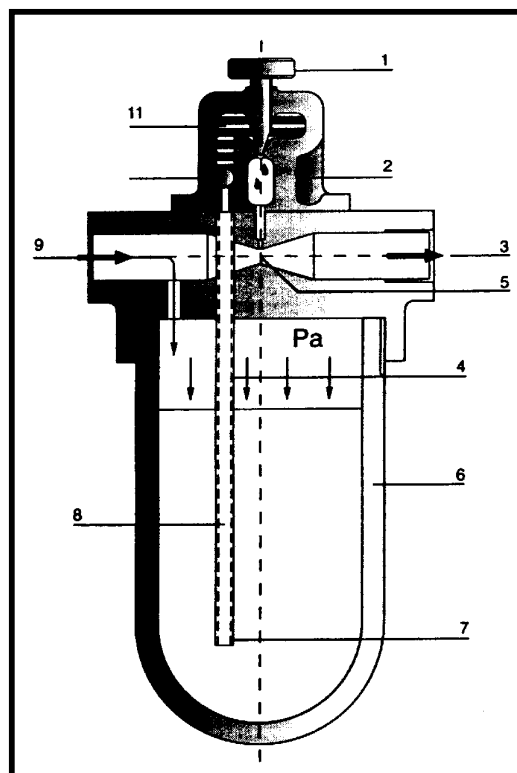
Para conseguir el proceso de lubricación se mezcla el aire con una neblina de aceite que, arrastrada por el mismo, llega a las diversas partes del circuito, la figura 33 muestra el principio de mezcla en el lubricador.

Figura 33. Efecto venturi, principio del lubricador



FUENTE: Marcial Carboles Maeso, **Manual de mecánica industrial**, p. 27

Figura 34. Partes de un lubricador para aire comprimido



- 1) regulador de goteo de aceite; 2) visor óptico; 3) salida de aire comprimido; 4) nivel máximo de aceite; 5) venturi; 6) depósito de plástico; 7) nivel mínimo de aceite; 8) tubo de aspiración; 9) entrada de aire; 10) válvula de retención de aceite, y 11) cámara de depósito de aceite

FUENTE: Marcial Carboles Maeso, **Manual de mecánica industrial**, p. 28

3.2.2.3.1 Función

El lubricador debe enriquecer el aire con una fina niebla de aceite para asegurar la lubricación de las piezas deslizantes de los elementos neumáticos.

Si las partículas de aceite fueran muy grandes, no permanecerían en suspensión y se depositarían en las paredes de las tuberías, y por tal razón no llegarán a las zonas de trabajo.

3.2.2.3.2 Tipos

Todos los lubricadores en la planta San Miguel funcionan bajo el mismo principio y varían únicamente en los tamaños y diámetros de tubería siendo estos los más utilizados en la planta, 3/8", 1/2", 3/4" y 1".

3.2.2.4 Mantenimiento de las unidades de mantenimiento

Actualmente no se les presta mantenimiento a estos equipos lo cual dificulta y crea problemas que perjudican los equipos neumáticos y por consiguiente el proceso de producción de cemento en todas sus diferentes áreas de proceso.

3.2.2.5 Tarjetas de identificación (TAG'S)

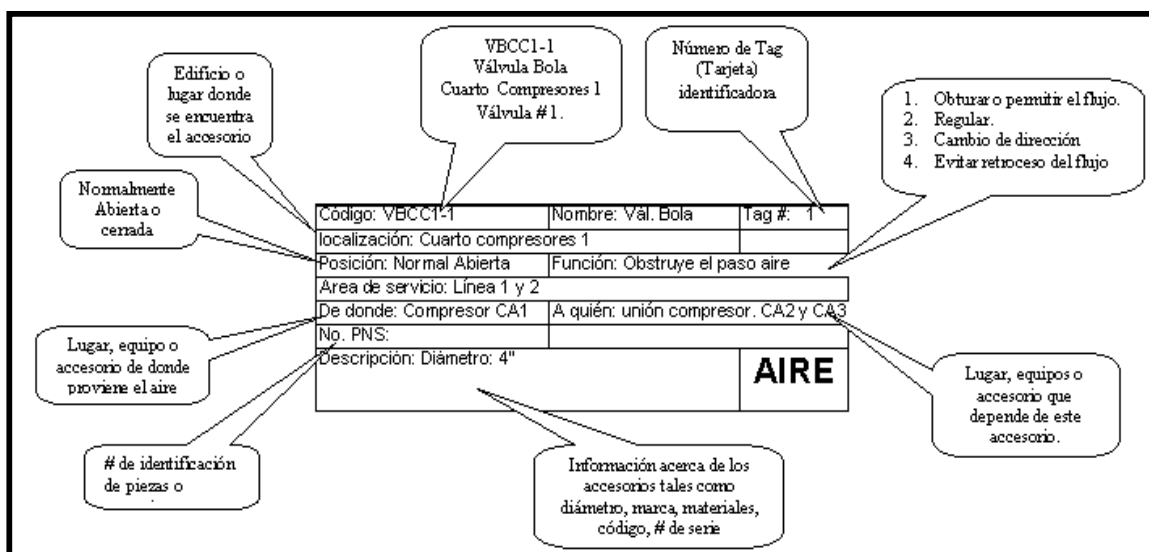
3.2.2.5.1 Objetivo

Las tarjetas de identificación también llamadas TAG'S, son como su nombre lo dice una herramienta que ayuda a la identificación de los accesorios que se encuentran en la planta.

3.2.2.5.2 Descripción

Las TAG'S se diseñaron conjuntamente con el jefe de servicios generales, por medio de análisis de información, posteriormente se acordó su autorización y finalmente se elaboraron. Cuentan con la información completa del accesorio y la ubicación en la planta como lo muestra la figura 35.

Figura 35. Diseño de las TAG'S



En la gráfica anterior se ejemplifica la TAG utilizada para la identificación de los accesorios en la planta, estas fueron colocadas en los accesorios y corresponden al número que se encuentra en su respectivo plano.

3.2.2.6 Sistema de distribución de aire utilizado en la planta

En la planta no se tiene bien definido el tipo de sistema de distribución por varias razones, entre ellas, ampliaciones en las áreas de proceso, equipos nuevos, falta de diseño y planificación de la red, que con el tiempo ha perdido su adecuada distribución.

3.2.2.7 Código de colores utilizado en planta

En la planta San Miguel se utiliza el código de colores que rige *Holsin* para las plantas de cemento, es un sistema muy efectivo que identifica todos los equipos, y se utiliza conforme las especificaciones descritas a continuación y brindan una adecuada adhesión en la superficie pintada.

➤ Superficies de acero sujetas a temperaturas menores de 90⁰ C

La superficie debe dejarse limpia de aceites, grasas, polvo, óxido y partículas foráneas.

Cuando una superficie se pinta por primera vez debe llevar dos manos de antioxidante y una de pintura final. Si se está repintando una superficie, puede aplicarse solamente una mano de antioxidante. Las pinturas se especifican de acuerdo a las fabricadas por Pinturas Fuller de Guatemala.

Antioxidante: Tipo: *Chex Rust Alkyd Primer* No. 10125037

Color: Rojo.

% de sólidos en volumen: 49%.

Capa seca: 3.5 . 4.0 mills (dos manos) o 1.7 . 2.0 mills (una mano).

Pintura final: Tipo: *Speedted Alkyd Enamel* serie 313-XX

Color: Ver código.

% de sólidos en volumen: 34%.

Capa seca: 1.5 . 2.0 mills.

- Superficies de acero sujetas a temperaturas entre 90°C y 400°C

La superficie debe dejarse limpia de aceites, grasas, polvo, óxido y partículas foráneas de acuerdo a la norma SSPC . SP3: limpia con medios mecánicos.

Debe aplicarse dos manos de pintura de acuerdo a la fabricada por *Sherwin Williams*:

Tipo: *Kem Hi* . Temp Nr. 850 Series

Color: Plateado No. 2.

% de sólidos en volumen: 30% + 2%.

Capa seca: 0.9 mills por mano.

Si se utiliza una pintura para alta temperatura diferente a la *Sherwin Williams* debe prepararse la superficie de acuerdo a la norma SSPC . SP6: *sand blasting* a metal casi blanco.

➤ **Código de colores**

Actualmente se utiliza ésta codificación y aplica para la pintura final de las superficies, utilizando el código de colores *Speedtec* a excepción del color plateado.

Por medio de este código se obtiene en toda la planta mucha uniformidad en los colores y tonos de las pinturas como se muestra en la tabla XIII.

Tabla XIII. Especificación de la aplicación del código de colores

COLOR	APLICACIÓN
Verde claro	Equipo que opera a temperaturas menores de 90° C y para la tubería de agua de enfriamiento de proceso (consumible). <i>Speedtec</i> código 1280-0251
Gris claro	Tolvas, chifles, ductos y tubos de desempolvamiento que operan a temperaturas menores de 90° C y para silenciadores de motores, compresores o sopladores. <i>Speedtec</i> código 1250-0181
Gris estándar	<i>North America ASA 60 Gray</i> , Motores, páneles y gabinetes eléctricos. Por lo general traen este color de fábrica. <i>Speedtec</i> código 1016-4731
Plateado	Equipo que opera a temperaturas entre 90° y 400° C, <i>Sherwin Williams, Kem Hi</i> . Temp Nr. 850 Series, Plateado No. 2.
Azul <i>fordson</i>	Acero estructural y tubería que lleva el agua de enfriamiento a los equipos (agua fría). <i>Speedtec</i> código 4734.
Azul oscuro	Reductores, sistemas de lubricación (incluyendo tubería), tanques de lubricación y para la tubería que lleva el agua de enfriamiento de los equipos al tanque de captación (agua caliente). <i>Speedtec</i> código 1220-0187
Azul claro (Celeste)	Tubería de agua potable. <i>Speedtec</i> código 1240-0036

Continuación

Verde de seguridad	Colectores de polvo, <i>cladding</i> pintado con una banda de 1 a 2 metros alrededor de las puertas del filtro de polvo del horno y de los colectores con aislamiento. <i>Speedtec</i> código 1280-0252.
Amarillo	Barandas y orillas de gradas, tubería de aire comprimido y tanques o depósitos para basura y desechos. <i>Speedtec</i> código 4741 amarillo medio.
Amarillo / negro	Señalización de peligro en estructuras y equipo que podrían provocar accidentes. <i>Black -Speedtec</i> código 1016-4721.
Naranja	Señalización de peligro en secciones de equipos que puedan cortar, triturar, golpear, etc. <i>Speedtec</i> código 1260-0077
Aluminio	Superficies metálicas galvanizadas y superficies expuestas a la radiación solar. Toda la tubería y tanques pequeños de combustibles y aceite térmico. <i>Speedtec</i> código 1512
Rojo	Equipo contra incendios, extintores e hidratantes. <i>Speedtec</i> código 1270-02-03

3.2.2.8 Procedimiento del mantenimiento de la red de aire comprimido

El mantenimiento de la red de aire comprimido se encuentra programado en la rutina de mantenimiento diaria y es realizada por el mecánico de servicios generales, quien se encarga de efectuar la rutina diaria de inspección y purgas en los depósitos de aire de toda la red, como lo indica el procedimiento descrito en el plan de mantenimiento.

4. PROPUESTA PARA EL REDISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

En planta San Miguel solo se contaba con un plano general de red de aire comprimido para las líneas 1 & 2 y otro para la línea 3, donde no se detallaba la dirección, ubicación y accesorios, y en la mayoría de las ocasiones no se encontraba correctamente, a raíz de esto se diseñaron e implementaron los planos como se indica a continuación.

4.1 Diseño e implementación de planos según área de proceso

Para efectuar el levantamiento de planos de la red de aire comprimido se estableció trabajar por edificio debido a lo grande de la red, para su ubicación general se realizaron tres planos solo con el primer nivel de cada edificio. El procedimiento para efectuar los planos de la red fue el siguiente:

- Impresión del plano, del área a trabajar.
- Dibujar sobre el plano las líneas de aire indicando dirección del flujo, y diámetro. Al mismo tiempo indicar los accesorios.
- Conjuntamente con la actividad anterior se tomo nota de las descripciones de cada accesorio, mediante un formato muy parecido a los libros de TAG´S, ver figura 36.
- Impresión de plano del área a trabajar y dibujar en limpio la información tomada en campo.
- Dibujar en Auto-CAD con a información obtenida.
- Comparación y correcciones.

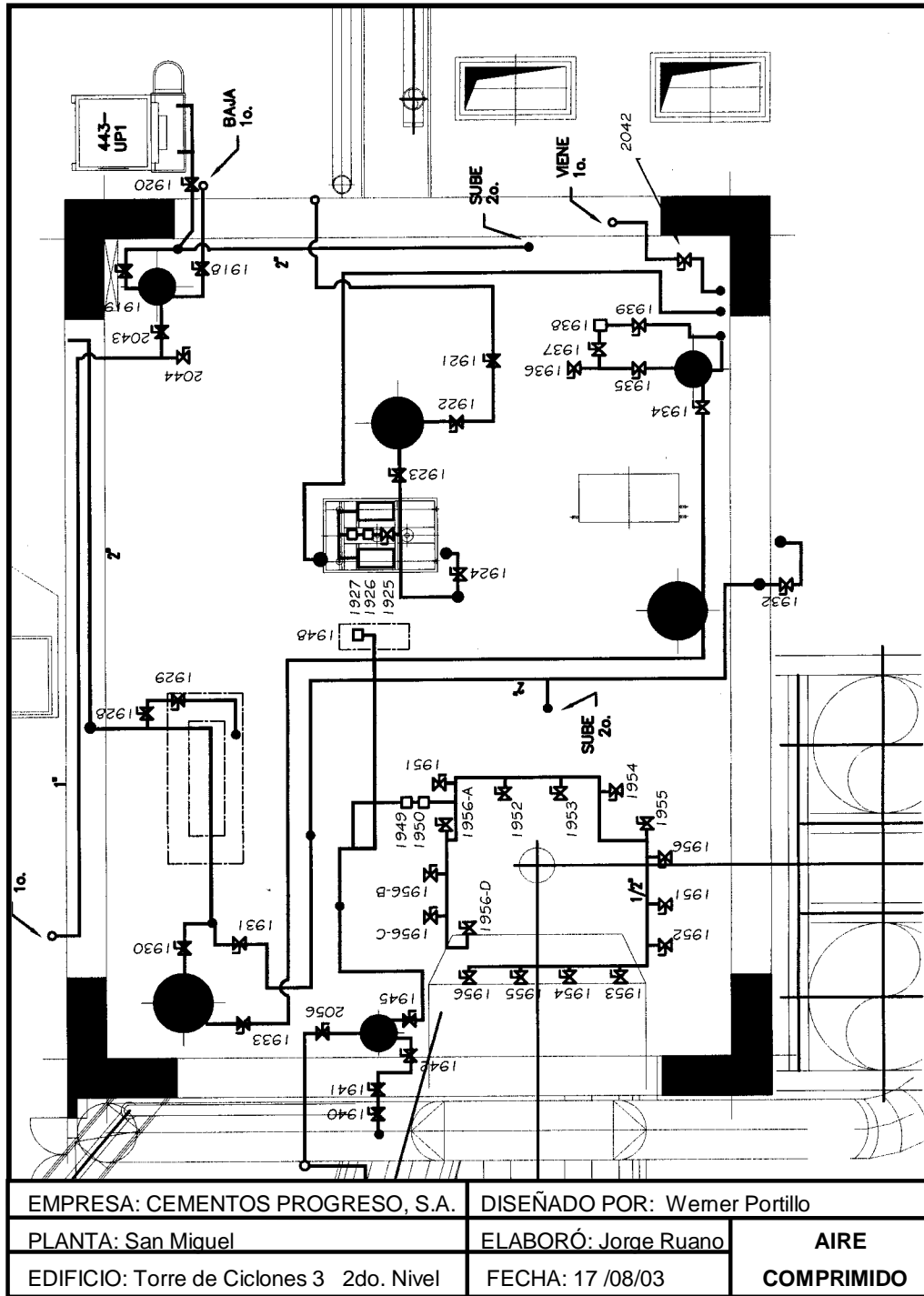
En esta sección se mostrará únicamente los planos correspondientes al edificio de torre de ciclones de la línea número 3, a partir del 2do. nivel, ya que el 1er. nivel se encuentra en el plano general de la planta.

Figura 36. Formato para recopilación de información

1	Número de TAG	
2	Código	
3	Nombre	
4	Localización	
5	Posición	
6	Función	
7	Área de servicio	
8	De donde	
9	A quién	
10	Descripción	

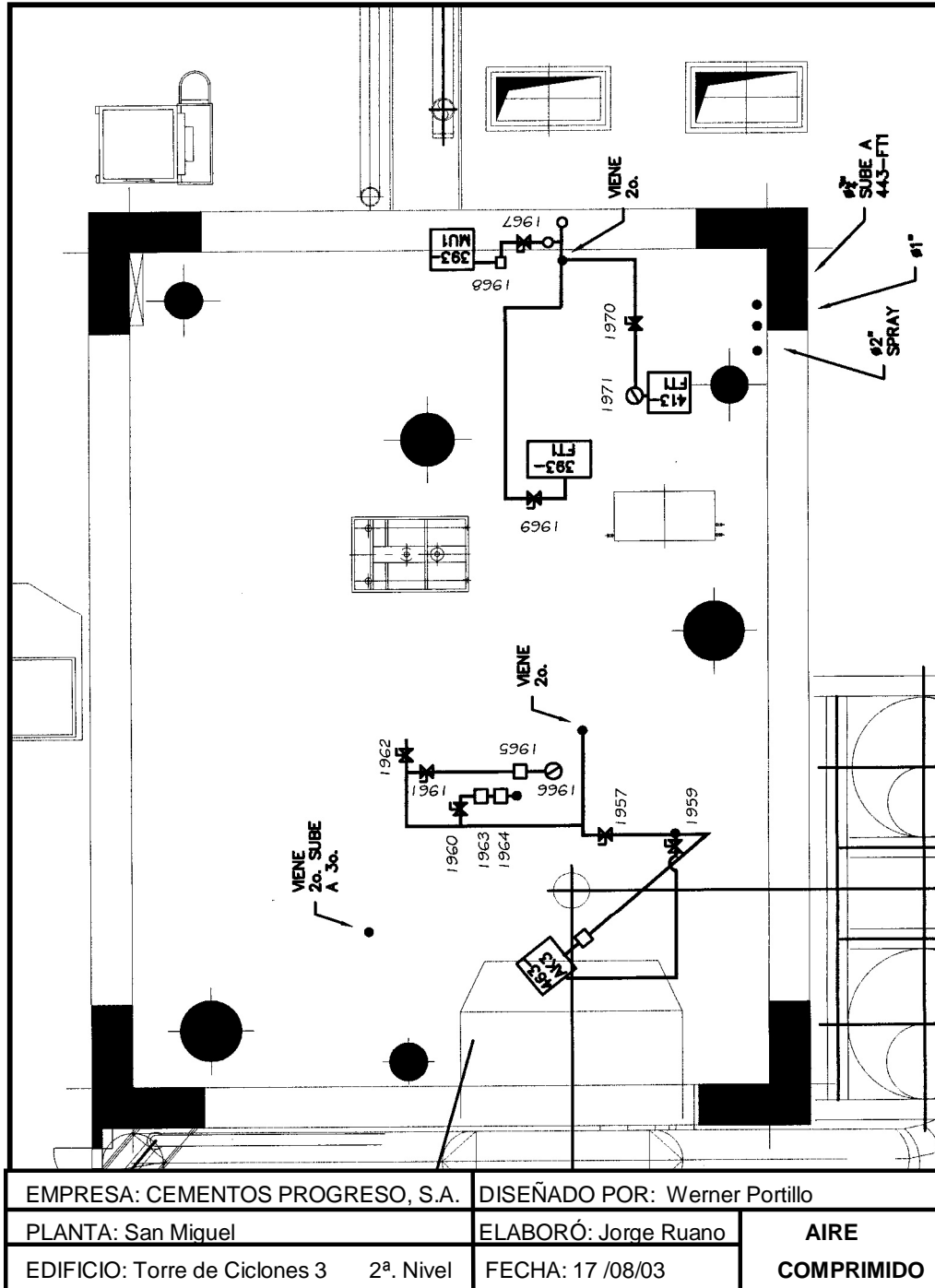
Cada uno de los planos representa un nivel del edificio, se puede observar que en cada accesorio (válvulas, filtros, unidades de mantenimiento, etc.) se encuentran identificados con un número, éste corresponde a la TAG asignada para su correcta identificación tanto en el campo como en los libros de TAG'S.

Figura 37. 2do. nivel torre de ciclones 3



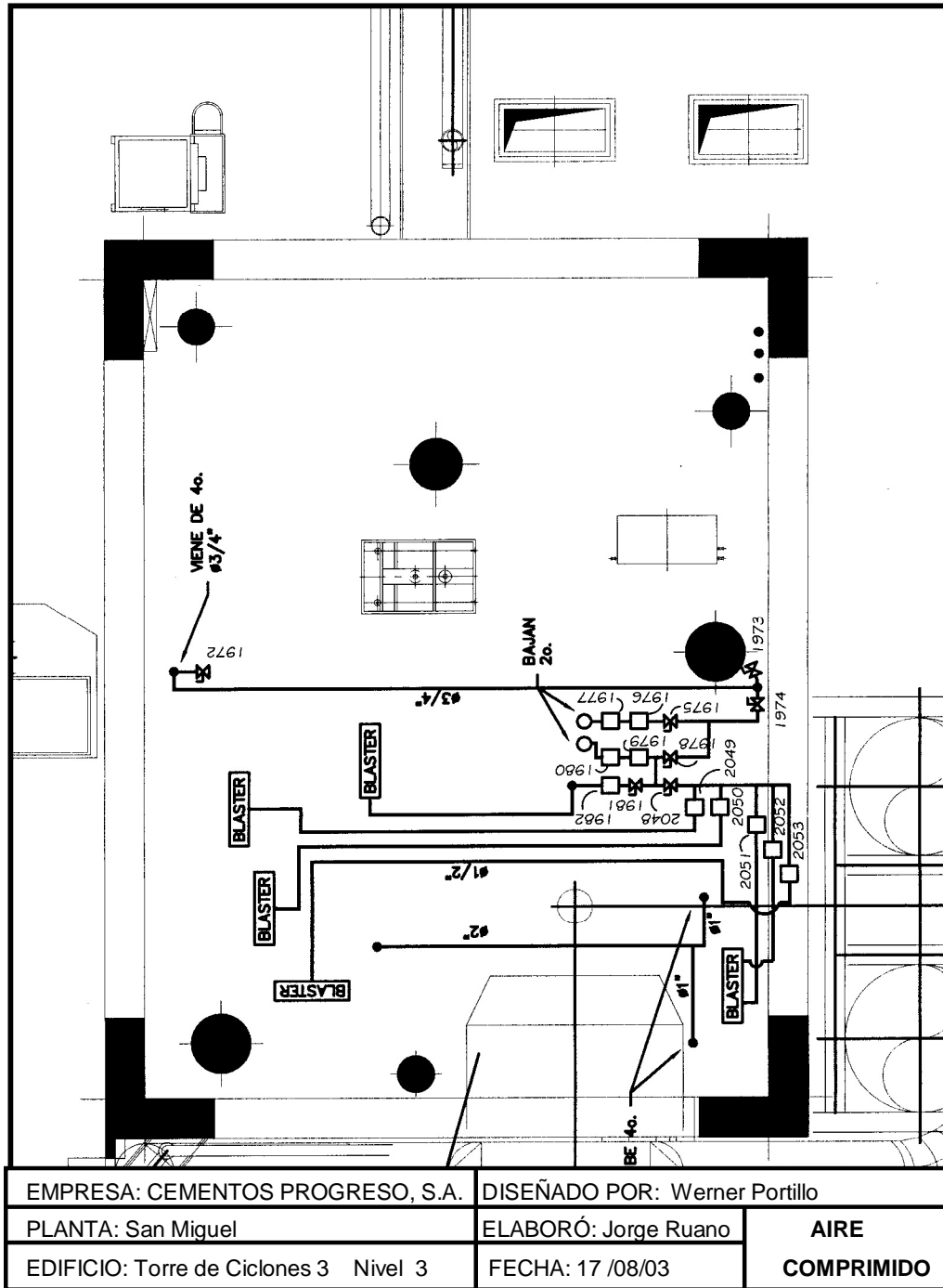
Vista de planta del segundo nivel de la torre de ciclones perteneciente a la línea de producción 3, se puede observar gran cantidad de válvulas en su mayoría de bola para el abastecimiento de los cilindros de entrada al horno.

Figura 38. 2do. A nivel torre de ciclones 3



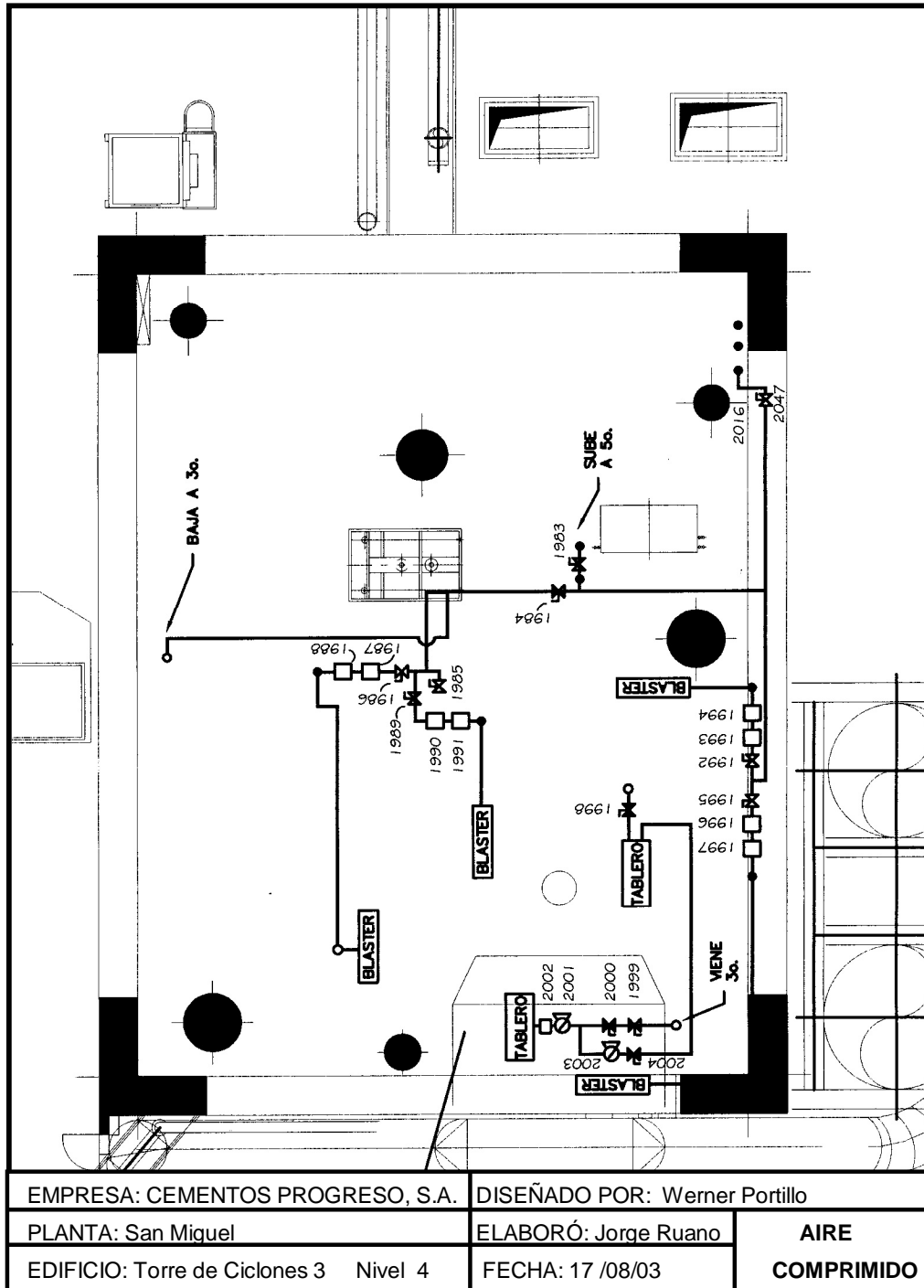
En el nivel 2ª, del plano, las líneas de aire abastecen los quemadores auxiliares y los colectores de polvo 21-393-FT1, 21-413-FT1, 21-393-MU1 según sus códigos HAC. En la parte superior derecha se aprecian las tres tuberías que conducen el aire a los niveles superiores.

Figura 39. 3er. nivel torre de ciclones 3



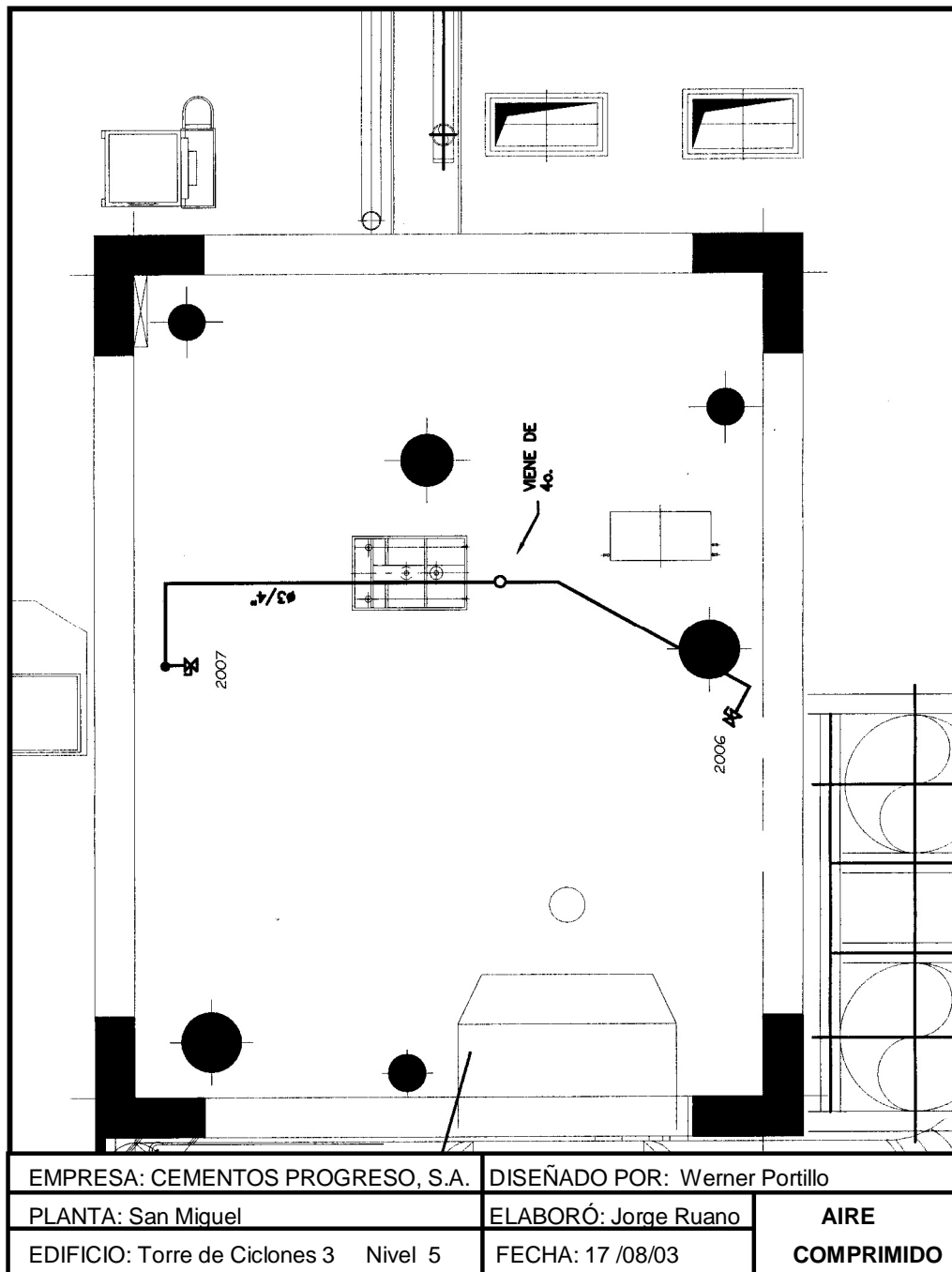
Vista del tercer nivel de la torre de ciclones 3 donde se distribuye el aire comprimido a todos los *Blaster*, los cuales se encargan de acumular aire y enviarlo cuando es necesario. Así también dos válvulas para limpieza del sector con los números 1972 & 1973 ubicadas en el centro del plano.

Figura 40. 4to. nivel torre de ciclones 3



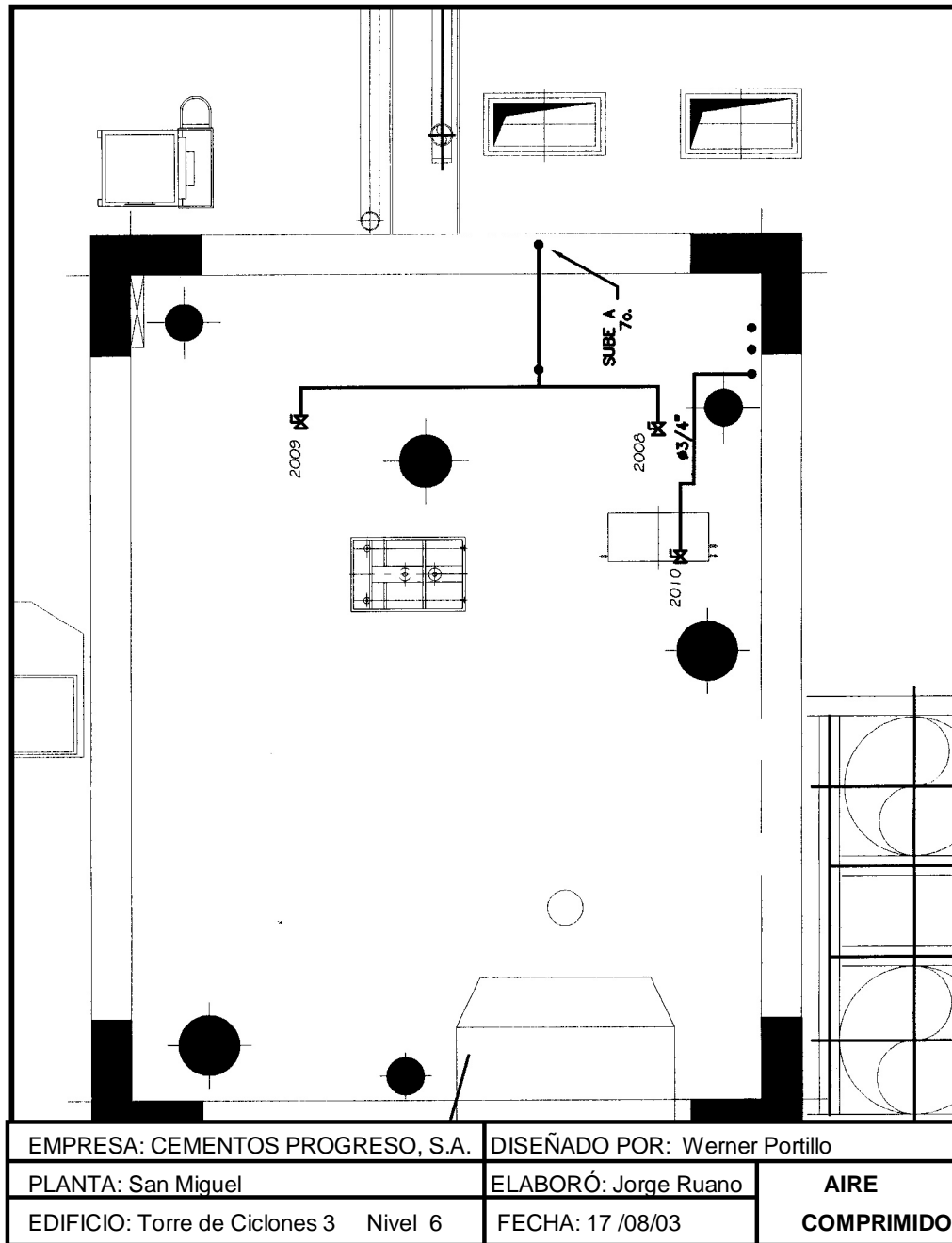
Plano del cuarto nivel donde se detallan otros *Blaster* y el abastecimiento del tablero de los quemadores auxiliares del horno. Todos controlados por la válvula 2047 la cual se encuentra en posición normal abierta.

Figura 41. 5to. nivel torre de ciclones 3



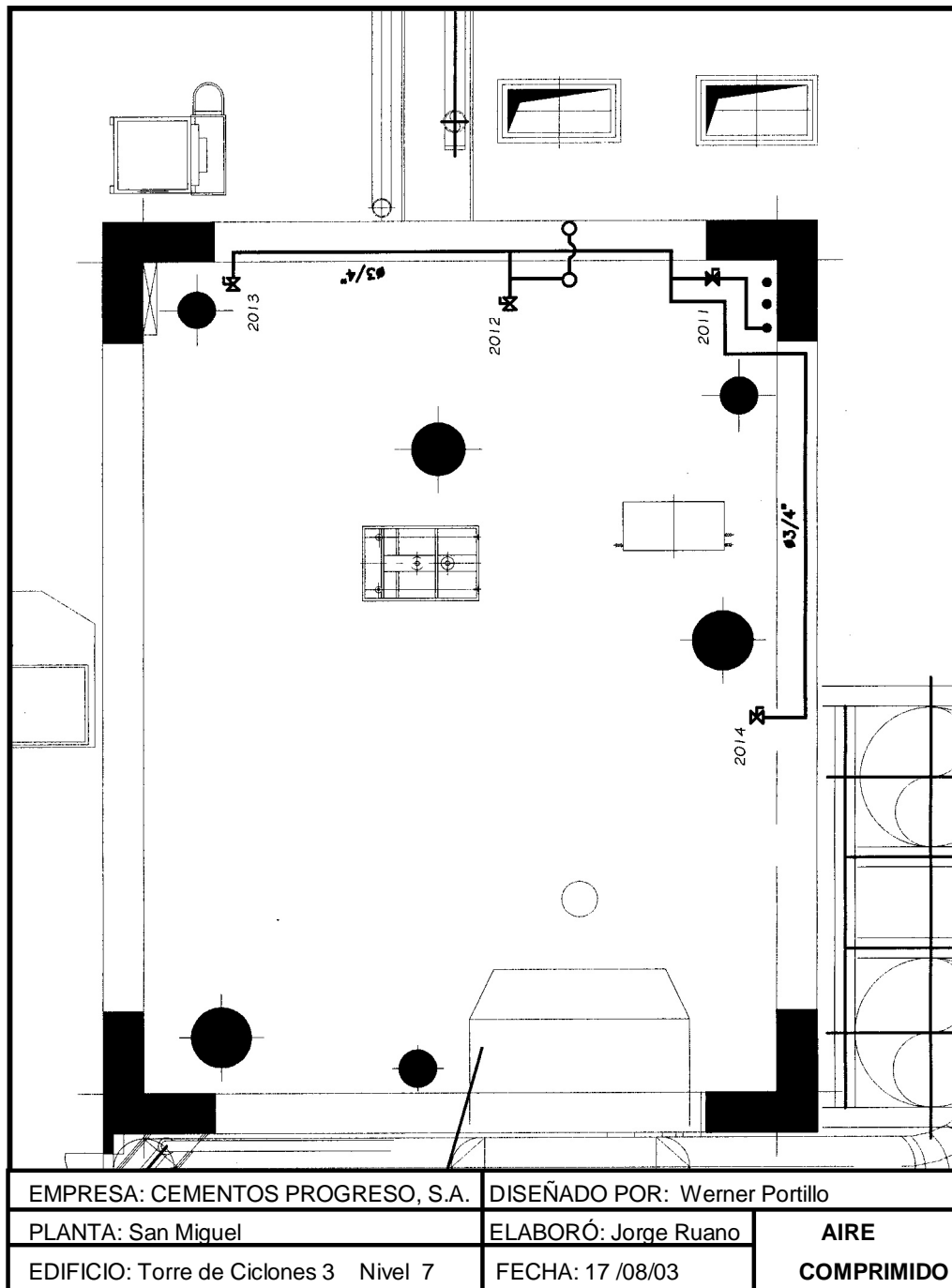
En el quinto nivel se dispone de dos válvulas para limpieza de equipo y maquinaria en ambos extremos de la torre, correspondientes a la TAG 2007 & 2006 respectivamente, abastecidas por una tubería que proviene del cuarto nivel y controladas por la válvula 1983.

Figura 42. 6to. nivel torre de ciclones 3



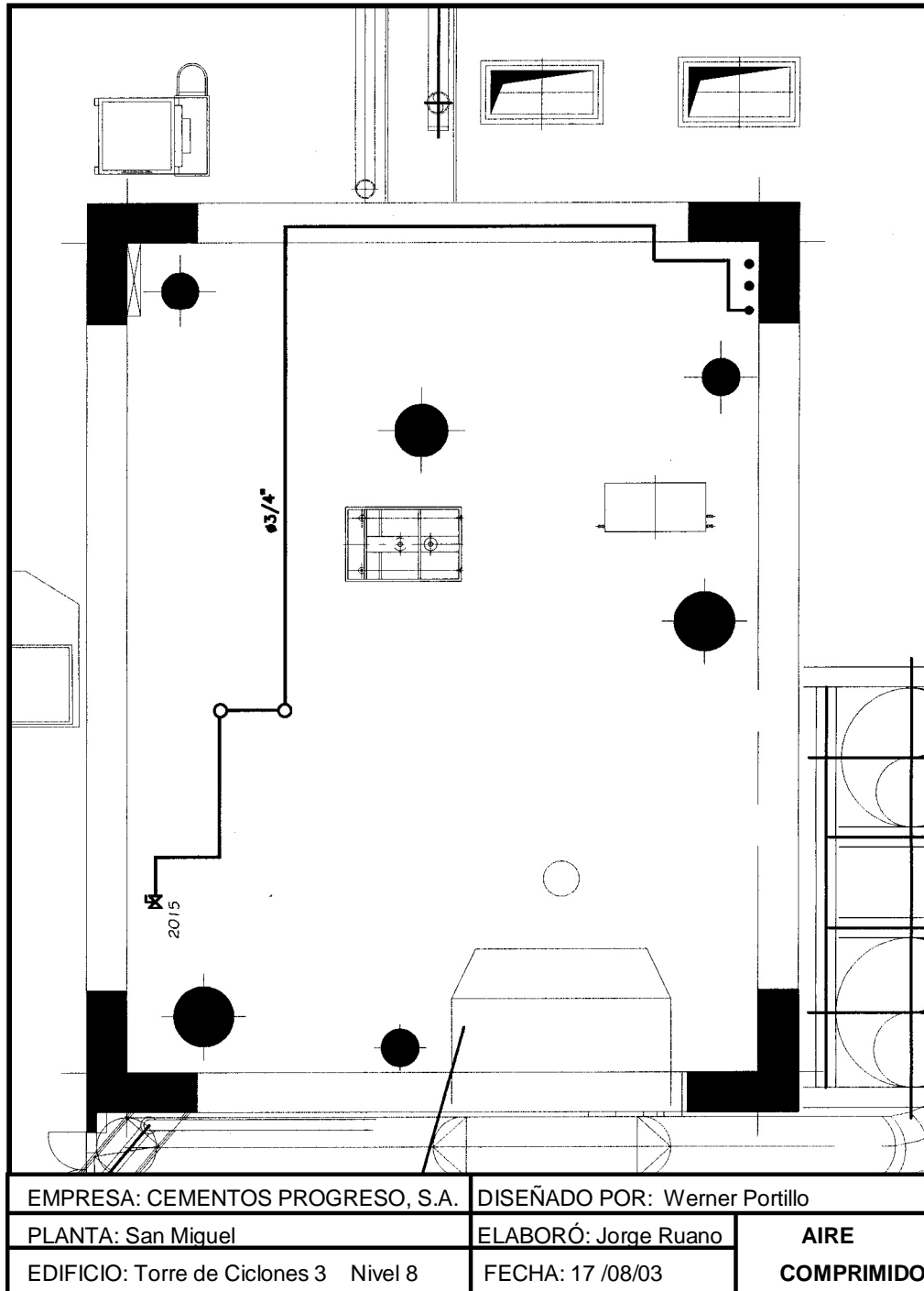
En el plano del sexto nivel se tienen otras válvulas para la limpieza de equipos, siendo la 2010, 2008 & 2009 las últimas dos son abastecidas por una tubería proveniente del séptimo nivel y controladas por la válvula 2011.

Figura 43. 7mo. nivel torre de ciclones 3



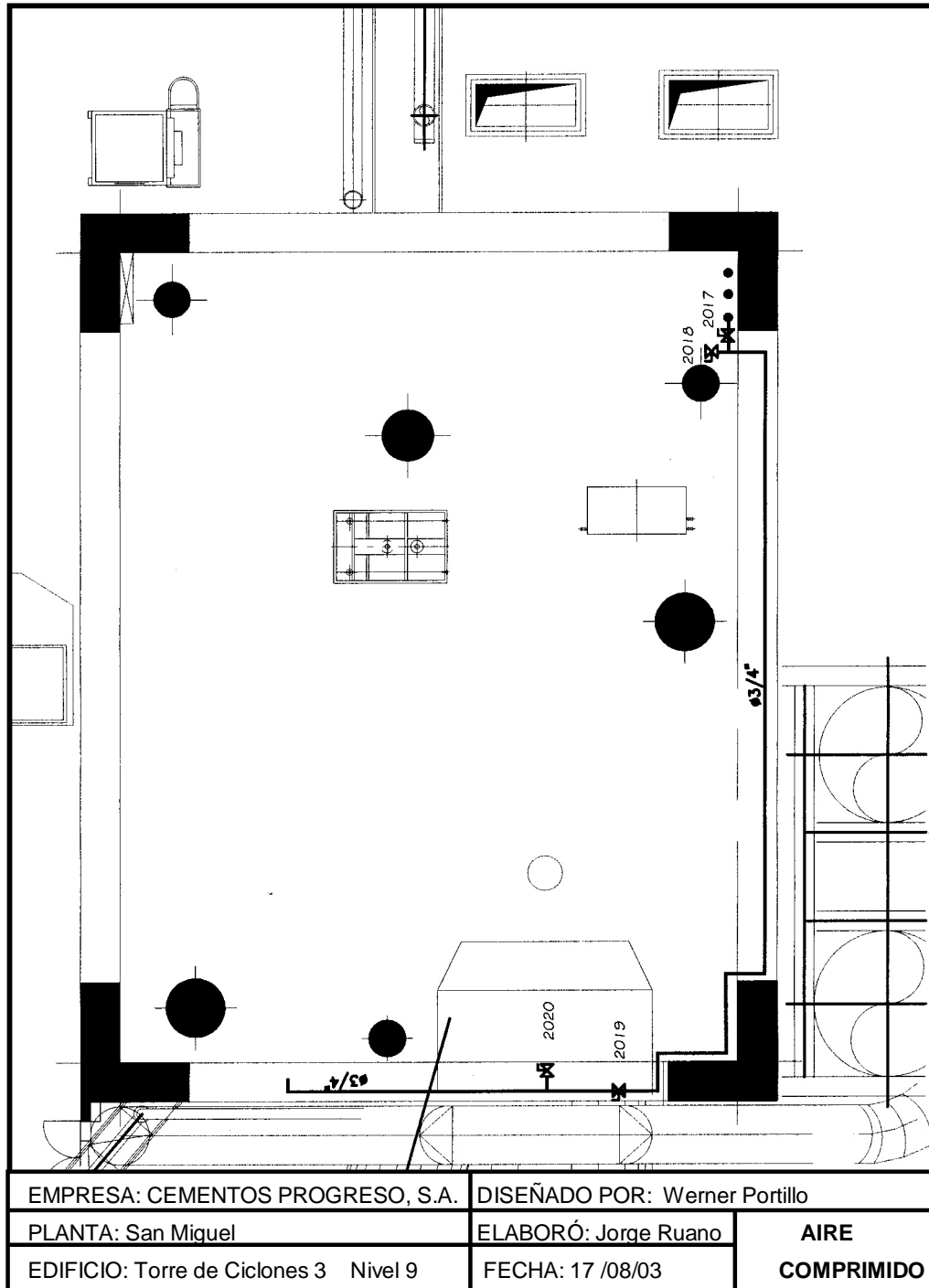
Plano correspondiente al séptimo nivel, donde se encuentran unas válvulas de bola (2012, 2013 & 2014) para la limpieza del sector, controladas por la válvula 2011. En la parte superior derecha se observa la tubería que baja al sexto nivel para abastecer las válvulas 2008 & 2009.

Figura 44. 8vo. nivel torre de ciclones 3



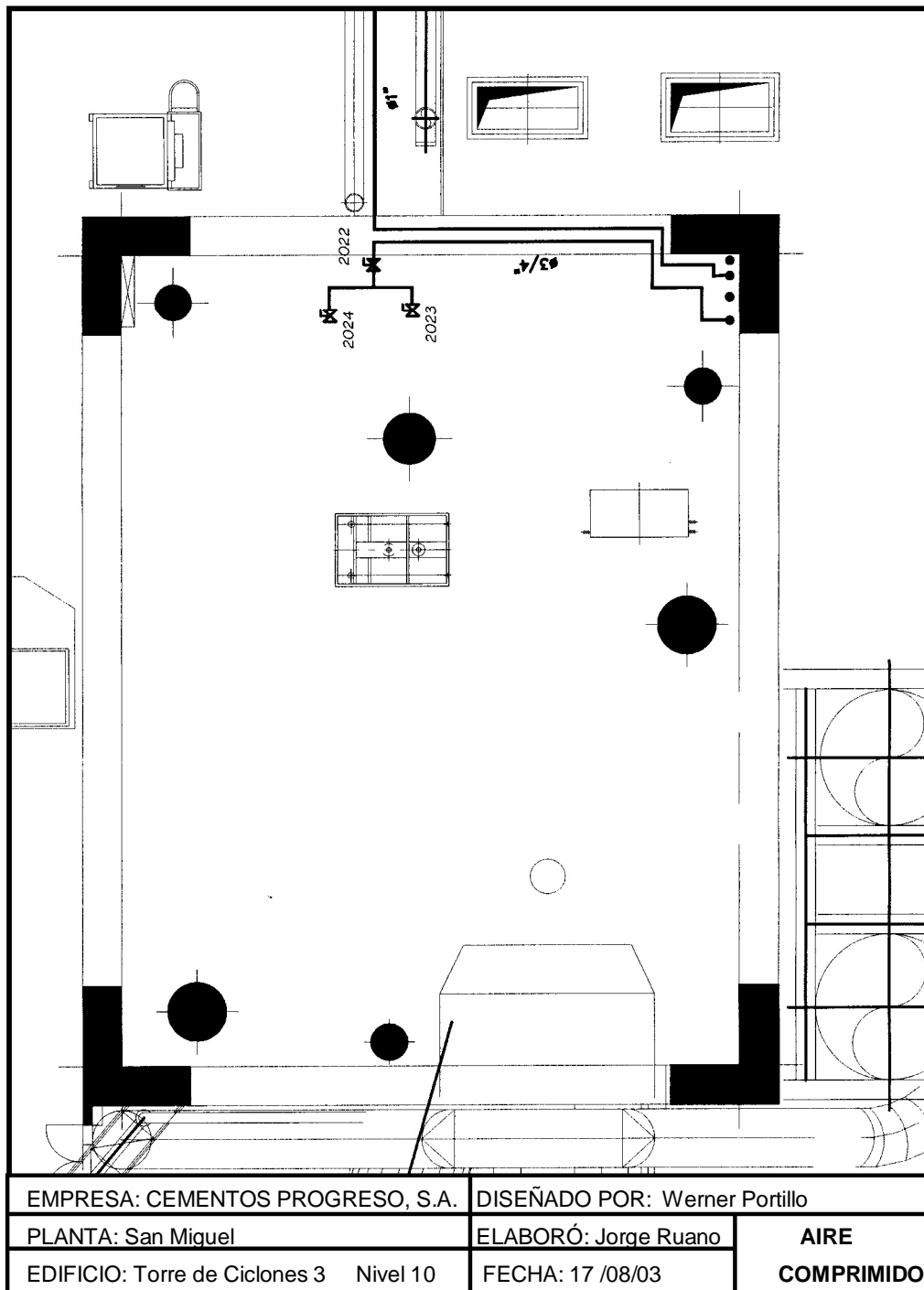
En el plano del octavo nivel se únicamente se encuentra la válvula 2015 en el lado opuesto, también para limpieza del sector. Es abastecida por la tubería que proviene del segundo nivel y que sigue subiendo para los niveles superiores del edificio, en el extremo superior derecho del plano.

Figura 45. 9no. nivel torre de ciclones 3



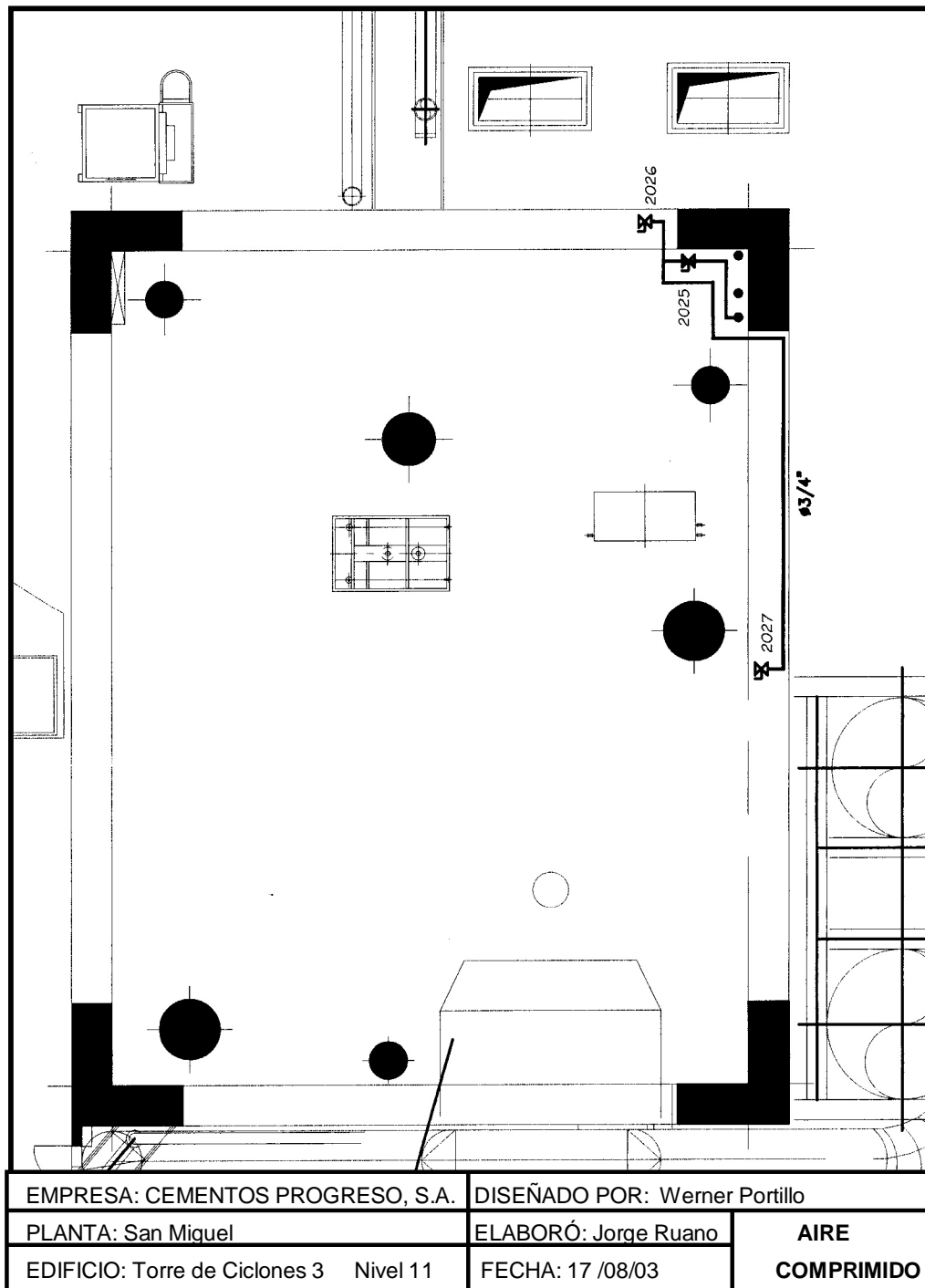
Vista del noveno nivel de aire comprimido, se distribuye aire comprimido para limpieza y los números de TAG'S corresponden a las válvulas de bola 2018, 2019 & 2020, controladas por la válvula 2017,

Figura 46. 10mo. nivel torre de ciclones 3



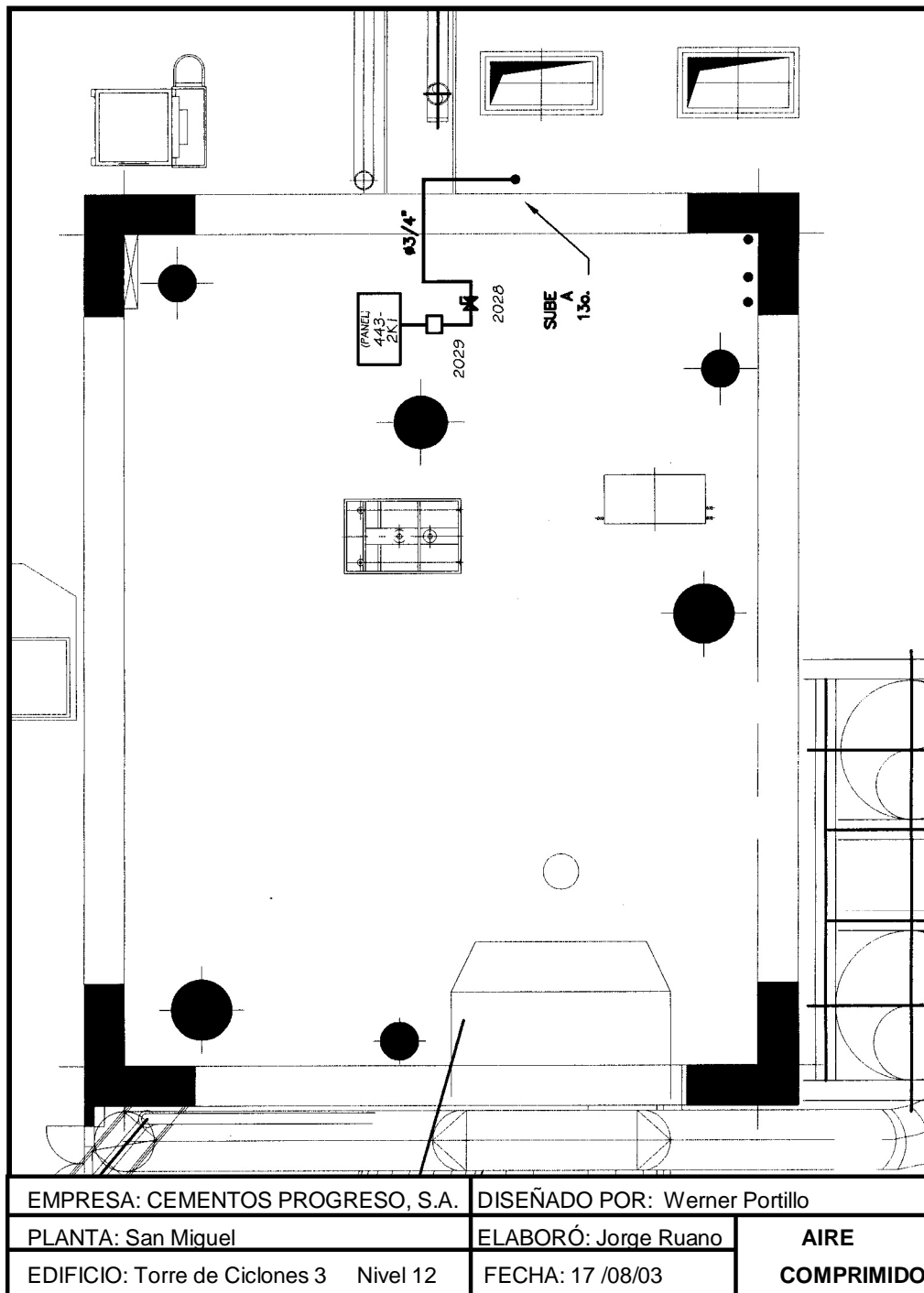
Limpieza por medio de las válvulas con sus números de TAG´S 2023 y 2024, controladas por la válvula 2022. Así también se abastece al colector de polvo con número de HAC 393-FT2 el cual no se aprecia pero se indica con la tubería de 1+de diámetro, que sale por la parte superior del plano.

Figura 47. 11no. nivel torre de ciclones 3



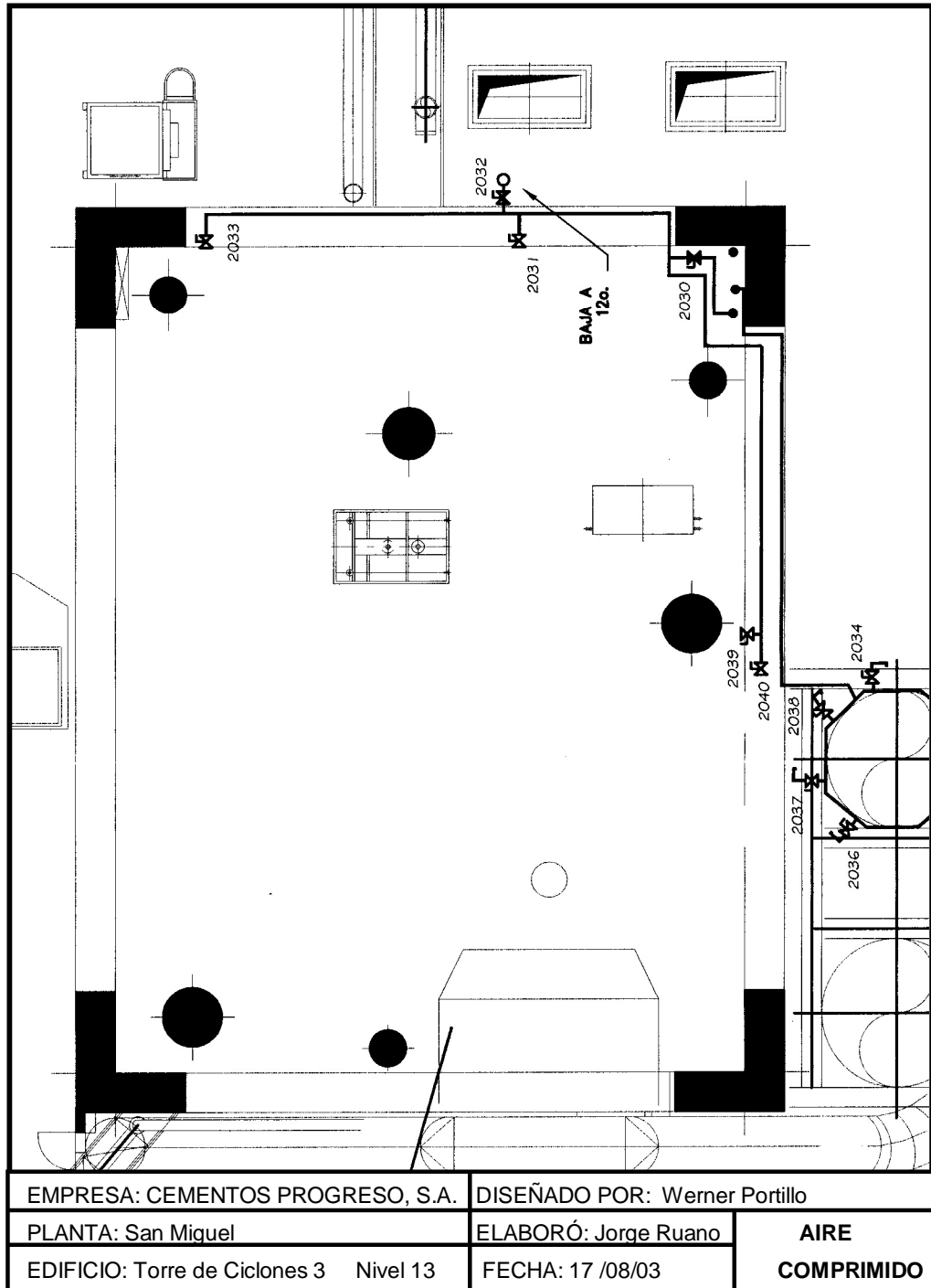
Plano del nivel once de la torre de ciclones 3 donde se encuentran las válvulas 2026 & 2027 para limpieza del sector y controladas por la válvula 2025 que se encuentra en el mismo nivel.

Figura 48. 12vo. nivel torre de ciclones 3



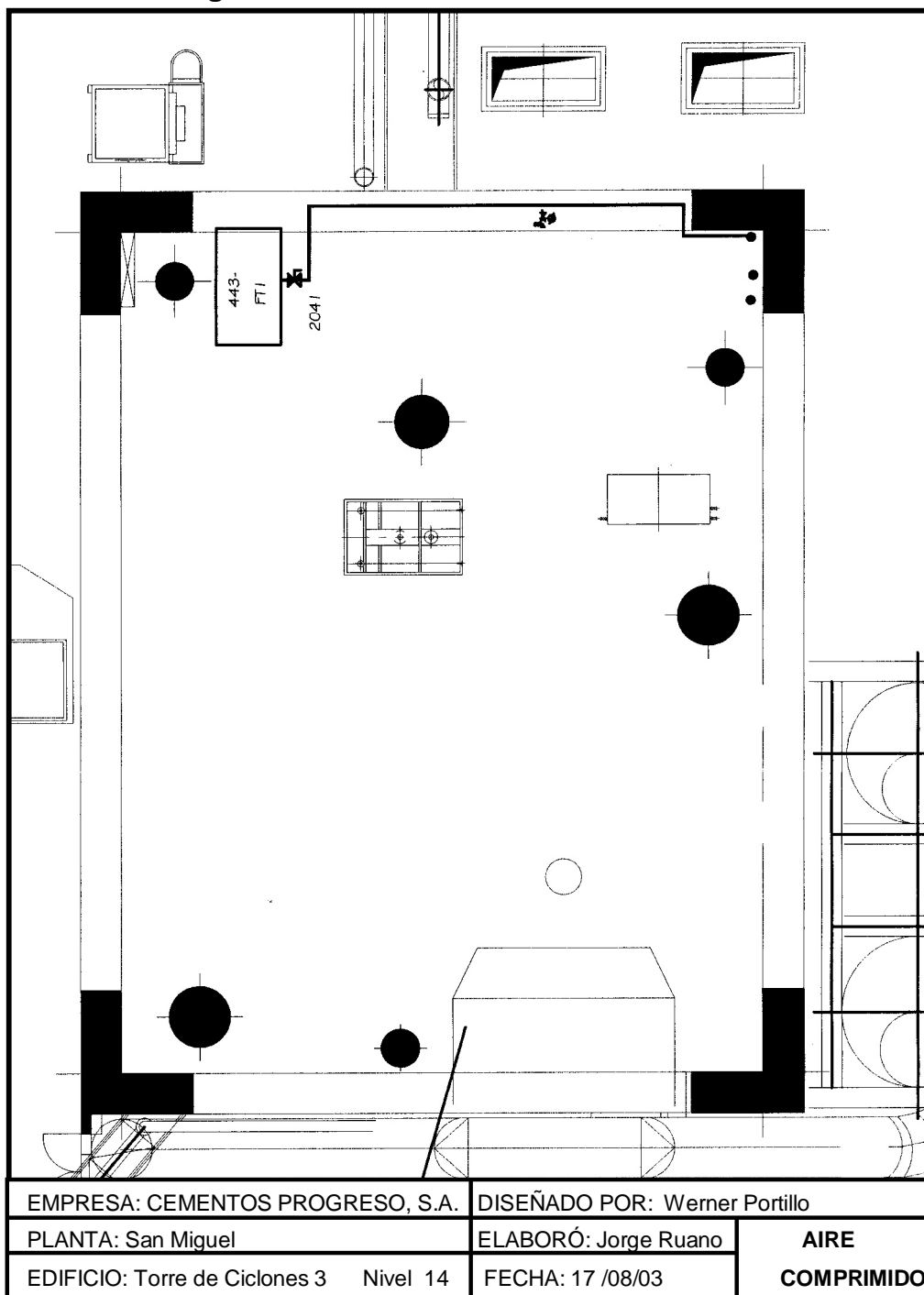
Plano de nivel doce donde se abastece al panel correspondiente al 21-443-2K1 según su código HAC, este último controlado por la válvula 2028 que proviene del nivel trece.

Figura 49. 13vo. nivel torre de ciclones 3



Plano del nivel trece de la torre de ciclones, se puede observar las válvulas para la limpieza 2031, 2032, 2039 & 2040, controladas por la válvula 2030, Se observa el abastecimiento a las válvulas de los *Spray* (2034, 2036, 2037 & 2038) para la mezcla de harina.

Figura 50. 14vo. nivel torre de ciclones 3



Plano correspondiente al nivel catorce de la torre de ciclones 3 donde abastece el colector de polvo con su código de HAC 21-443-FT1 antecedido por la válvula 2041, que corresponde a una válvula de bola, según el libro de TAG'S. Ésta última se encarga del control de abastecimiento del colector de polvo.

4.2 Manual general de red de aire comprimido

4.2.1 Objetivo

El objetivo principal del manual de red de aire comprimido es brindar la información necesaria para el correcto entendimiento de operación de los planos y las tarjetas de identificación TAG\$, y establecer el procedimiento de acuerdo a los libros de TAG\$ que se encuentran en cada manual proporcionado a las diferentes áreas (servicios generales, control central y planificación).

Los aspectos que se deben de tomar en cuenta como se menciono anteriormente son:

1. Planos de red de aire comprimido.
2. TAG\$.
3. Libros de TAG\$.
4. Codificación.
5. Mantenimiento.

4.2.2 Simbología

Para el diseño y elaboración de las TAGS se creó un sistema de codificación el cual sirve para identificar el accesorio y su lugar de ubicación tal y como se muestra en la figura 35, así como el código de color utilizado en los libros de TAGS para hacer referencia de alguna característica especial del accesorio como se muestra a continuación.

Tabla XIV. Codificación para identificación de accesorios

Código	Descripción
VG	Válvula de globo
VB	Válvula de bola
VC	Válvula de compuerta
VP	Válvula de paso
VCH	Válvula de cheque
TA	Trampa automática
VM	Válvula de mariposa
FA	Filtro de aire
TR	Trampa
RP	Regulador de presión
M	Manómetro
EV	Electro válvula
EA	Enfriador de aire
PE	Post-enfriador
TC	Trampa de condensado automático
RC	Regulador de caudal
DR	Drenado
DA	Drenado automático
DP	Depresurizador

Tabla XV. Código para identificar en los libros de TAGES, solo se observa por medio de la red

Rojo	AIRE	No hay válvula
Verde	AIRE	No tiene Mariposa
Celeste	AIRE	Fuga
Café claro	AIRE	Aire secundario
Azul	AIRE	No sé pudo establecer nombre
Gris	AIRE	Lubricador o UM.

4.2.3 Uso y localización en los planos

Los libros de TAG\$, es la documentación con la información de cada uno de los accesorios que aparecen en los diferentes planos.

Dicha información esta ordenada de acuerdo a la línea y a la ubicación según el proceso. Sirve de ayuda para localización, reemplazo o reparación de la misma o de otras que dependan de ella, a demás de un mejor control de los accesorios que se disponen en la planta.

El archivo de los libros de TAG\$ se encuentra en la red y puede filtrarse para la información que se requiera. Ejemplo: Si se desea la información de todas las unidades de mantenimiento, se filtra y se obtienen todas las unidades existentes en las 3 líneas de producción, o bien filtrarla de manera que solamente muestre las de la línea 3, depende de lo que se necesite.

Estos se encuentran al final del manual de red y están ordenados según el número de TAG´S, contiene la información como se muestra a continuación:

Tabla XVI. Información que contiene el libro de TAG´S

Número de Tag	Número correlativo y asignado al accesorio
Línea de producción	Indica la línea de producción en que se encuentra
Código	Identificación rápida del accesorio y su ubicación
Nombre	Tipo de accesorio
Localización	Edificio al que corresponde
Posición	Normalmente cerrada, abierta
Función	Actividad u operación que realiza
Área de servicio	Área del proceso de producción
De donde	Tag s anteriores
A quién	# HAC del Equipo al que abastece
PNS	Sistema de numeración de piezas para clasificación y almacenamiento de piezas de repuestos, no utilizado
Descripción	Información del diámetro, marca, serie etc.

4.2.4 Funcionamiento de las TAG´S

Como se mencionó en la sección 3.2.2.5 las TAG´S son una herramienta, su función es la identificación y localización de los accesorios, para lograr esto se numeró cada uno de los accesorios que se encuentran en los planos. Con esto las TAG´S pueden actuar en tres aspectos importantes para la red de aire comprimido siendo estos:

4.2.4.1 En los planos de la red de aire comprimido

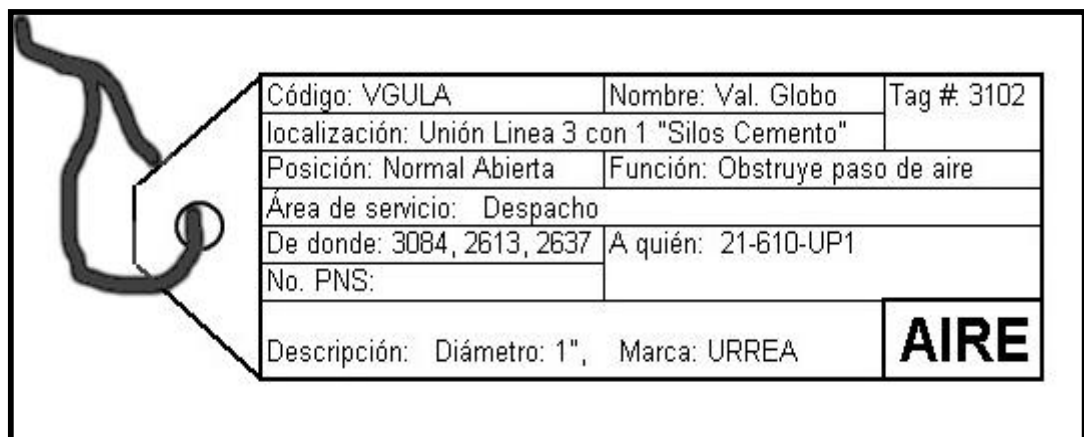
Todos los accesorios se encuentran numerados en los planos de la red y se pueden ver claramente los equipos que abastecen o los lugares que puede suspender en suministro de aire mediante los códigos de HAC.

4.2.4.1 Colocación en campo

Las TAG´S fueron creadas para una correcta identificación de los accesorios neumáticos y describiendo su función y equipos que dependen de ella, se tiene la ventaja que se encuentra colocada en el lugar de trabajo, esto permite facilidad de ubicación y reparación cuando así se desee.

La figura 51 muestra como se colocaron las TAG´S en las tres líneas de producción de la planta.

Figura 51. Diseño de las TAG´S colocadas en campo



Código: VGULA	Nombre: Val. Globo	Tag #: 3102
Localización: Unión Línea 3 con 1 "Silos Cemento"		
Posición: Normal Abierta	Función: Obstruye paso de aire	
Área de servicio: Despacho		
De donde: 3084, 2613, 2637	A quién: 21-610-UP1	
No. PNS:		
Descripción: Diámetro: 1", Marca: URREA		AIRE

4.2.4.1 Libro de TAG´S

El libro de TAG´S es el nombre con el cual se denomina a la documentación obtenida de todos los accesorios neumáticos, en conjunto con los planos y las TAG´S se obtiene una correcta y efectiva identificación de los accesorios existentes en la planta San Miguel.

La tabla XVII, muestra una parte del libro de TAG´S correspondiente al edificio de torre de ciclones 3.



4.2.5 Capacitación para uso de manual

La capacitación fue proporcionada específicamente al mecánico a cargo de la rutina de mantenimiento de la red de aire comprimido, al jefe de servicios generales y a las personas de control central, ya que son las personas que tienen acceso a los planos y manejo de la red de aire.

En dicha capacitación se proporcionaron los manuales donde se presenta los planos de la red y el libro de TAG'S se explicó el uso y los beneficios de su correcta utilización.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Tabla XVII. Libro de TAG´S torre de ciclones 3




PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Continuación



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

CAPÍTULO 4.

Continuación

4.3 Propuesta en aspectos de seguridad industrial para la red de aire comprimido

4.3.1 Objetivos y beneficios

La señalización en planta San Miguel busca tres objetivos principales los cuales son:

- Prevenir rápidamente la presencia de un peligro, facilitando su identificación por medio de indicaciones precisas.
- Ordenar y evitar la ejecución de ciertas acciones que permitan una mayor seguridad para las personas, como también en la operación de equipos. Ambas hacia una racionalización de los costos.
- Indicar la señalización de los dispositivos de seguridad o equipos y sitios de importancia.

4.3.2 Propuesta de señalización

Las señales que se deben de utilizar en los cuartos de compresores por ser sitios de importancia son las siguientes:

Figura 52. Señalización para cuarto de compresores

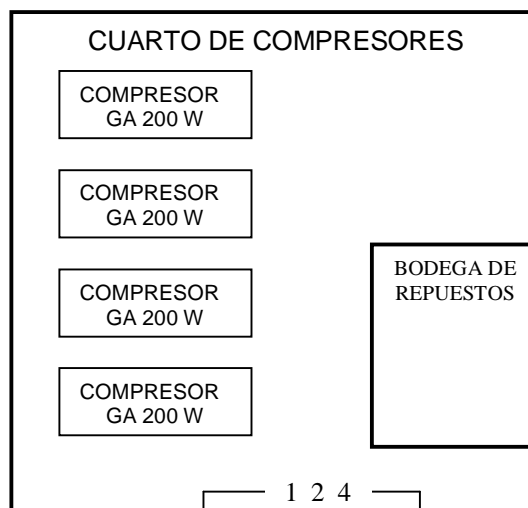


Las consideraciones relativas a señalización para los compresores son las siguientes:

- a) Si la producción de aire es en caseta (habitáculo para compresor). Se colocará en la cara exterior de la puerta de acceso las señales 1 y 2. En el caso de que el compresor funcionase con motor de explosión, también se colocará en el interior del habitáculo la señal 3.
- b) Si el aire se produce en cualquier otro lugar, se colocará de manera visible, en las proximidades del compresor, las señales 1 y 2. En el caso de que el compresor no fuese de sonoridad limitada o no se hubiese adoptado medidas para reducir el nivel de la misma, también se colocará la señal 4. En el caso de que el compresor funcione con motor de explosión, también se colocará en el interior del habitáculo la señal 3.

Para brindar mayor seguridad al personal en planta se propone el siguiente mapa, el cuál brinda la ubicación de las señales de prevención (figura 53), estas deberán de colocarse en la entrada de los cuartos de compresores, siendo las principales 1, 2 y 4 de la figura 52, colocadas de manera visible.

Figura 53. Mapa de ubicación de señalización propuesto



Así también se debe de colocar un letrero como el que se muestra en la figura 54, para evitar el ingreso de personal sin autorización.

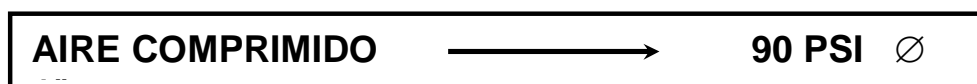
Figura 54. Indicación de acceso restringido



El departamento de servicios generales debe de solicitar al departamento de salud ocupacional la colocación de las señales mostradas en la figura 52, y su ubicación como se muestra en la figura 53, así como brindar la capacitación a los mecánicos de servicios generales con respecto a los beneficios que obtendrán con el cumplimiento de las señales. El jefe de servicios generales debe velar por el buen estado y su adecuado funcionamiento.

También se propone la colocación de calcomanías para identificar las tuberías de aire comprimido (ver figura 55), las cuales debe de colocar, y reemplazar cuando estas se encuentren en mal estado.

Figura 55. Calcomanía de identificación de tubería



La señalización de la tubería identifica la dirección, el diámetro y la presión del aire comprimido en la tubería. Siendo la pintura de color amarillo como lo indica la sección 3.2.2.7 ésta última es un factor primordial para la señalización y la mejor identificación de la red de aire comprimido.

4.4 Propuesta de mantenimiento a la red de aire comprimido

El mantenimiento es el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos en este caso a las que comprenden todo lo relacionado a la generación y distribución de aire comprimido. Esto con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

El mantenimiento propuesto para la red de aire comprimido es de tipo preventivo, a continuación se presentan los objetivos, alcance y los tiempos para realizar el mantenimiento a la red de aire comprimido.

4.4.1 Objetivo

El objetivo principal, es la conservación del servicio que presta el aire comprimido a la planta San Miguel.

Es también una función del mantenimiento garantizar la seguridad industrial, por tal razón se toman en cuenta los principales aspectos con respecto a la señalización en la sección 4.3. Así también se proponen los mecanismos para el control e inspección de la red de aire comprimido.

4.4.2 Alcance

Mejorar la calidad y disponibilidad del aire comprimido en todas las áreas de proceso en la planta San Miguel, mediante equipos y accesorios eficientes que garanticen su funcionamiento.

4.4.3 Análisis de tiempos en el mantenimiento

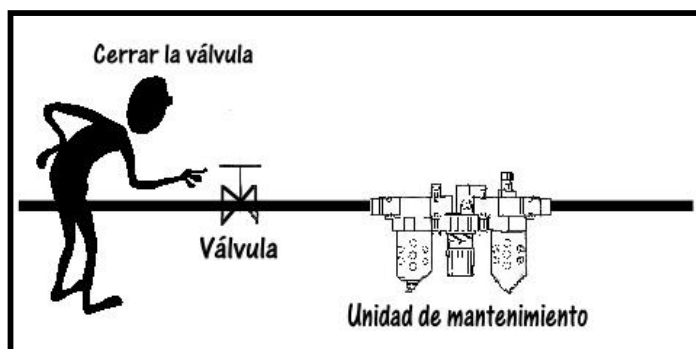
Para establecer el mantenimiento de la red se debe de crear una rutina de mantenimiento y es necesario estimar el tiempo de reemplazo de elementos filtrantes en las unidades de mantenimiento, para lo cual se hace el siguiente estudio:

Siete son los pasos para cambio de elementos filtrantes siendo estos los siguientes:

- a) Cerrar flujo de aire a la unidad de mantenimiento o filtro.

Es necesario interrumpir el flujo de aire para proceder al cambio del elemento filtrante (ver figura 56), por tal razón se debe de realizar cuando exista en el área algún paro por mantenimiento. Tiempo aproximado 30 segundos.

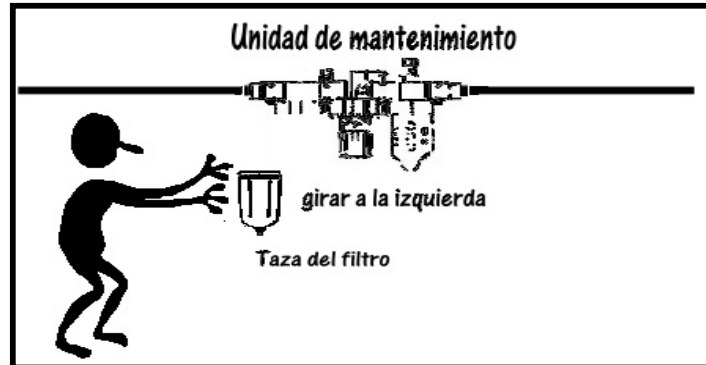
Figura 56. Cierre de válvula anterior a la unidad de mantenimiento



- b) Desmontar taza del filtro.

Se debe de desenroscar la taza girándola hacia la izquierda con mucho cuidado para evitar quebraduras o fisuras a la taza (figura 57). Tiempo estimado 1 minuto.

Figura 57. Desmontaje de la taza del filtro



c) Retirar elemento filtrante.

Para extraer el elemento filtrante se debe halar con cuidado para no dañar el soporte del mismo (figura 58). Tiempo aproximado 1.5 minutos.

Figura 58. Extracción del elemento filtrante



d) Limpiar taza.

Posteriormente de la extracción se debe de realizar una limpieza a toda la unidad de mantenimiento especialmente a la taza del filtro para impedir que el filtro nuevo se contamine (figura 59), tiempo aproximado para limpieza 2 minutos.

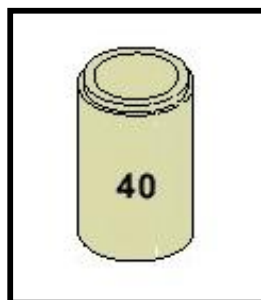
Figura 59. Limpieza de taza del filtro



e) Colocar nuevo elemento filtrante.

Para la colocación del nuevo elemento filtrante se debe de limpiar las manos con un trapo y evitar contaminar el elemento, la figura 60 muestra un elemento filtrante con capacidad para 40 micrones, tiempo aproximado 20 segundos.

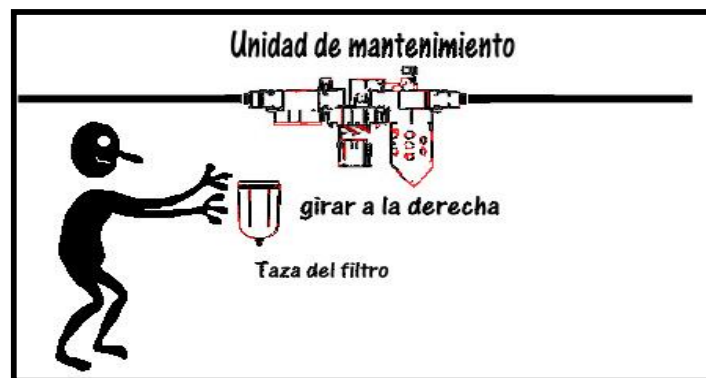
Figura 60. Elemento filtrante



f) Instalar taza del filtro.

Se debe colocar la taza del filtro de manera que ajuste perfectamente en el cuerpo del filtro y enroscar hacia la derecha (figura 61), tiempo aproximado 15 segundos.

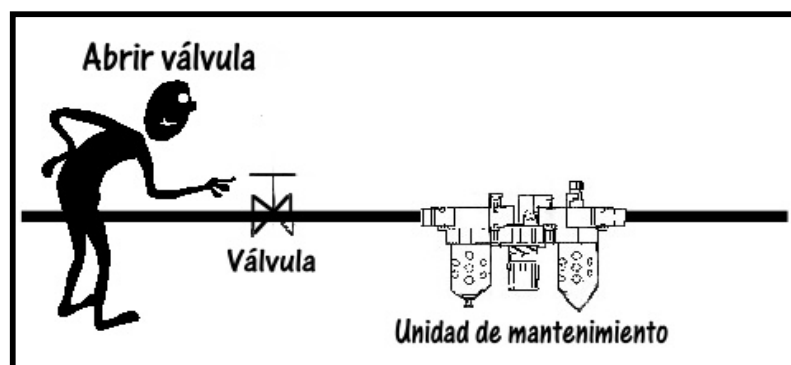
Figura 61. Colocación de la taza en el filtro



g) Abrir válvula para reestablecer el servicio de la unidad de mantenimiento o filtro.

Para terminar se debe abrir nuevamente la válvula de abastece el flujo de aire comprimido y observar que no queden fugas del fluido (figura 62), tiempo aproximado 20 segundos.

Figura 62. Apertura de válvula



Sumando los tiempos estimados para realizar el cambio del elemento filtrante, se obtiene el tiempo total en minutos, dando un total de 5.92 minutos, dejando un tiempo de margen para cualquier imprevisto, se estipula que el tiempo debe ser de 10 minutos por elemento reemplazado.

Para efectuar el reemplazo de los elementos filtrantes se debe de tener un control de los mismos, para ello se debe de trabajar mediante la orden de trabajo mostrada en la sección 1.5.5 y conjuntamente un expediente o fichas de control como se muestra en la figura 63, la cual estará bajo la responsabilidad del jefe del departamento de servicios generales.

Figura 63. Ficha de control de reemplazo de los elementos filtrantes

CONTROL DE REEMPLAZO DE FILTROS EN UNIDADES DE MANTENIMIENTO				
#	FECHA	# DE TAG'S	CODIGO DE HAC	REALIZADO POR
1				
2				
3				
4				
5				
6				

4.4.4 Rutina de mantenimiento

La rutina de mantenimiento estará enfocada a mejorar la calidad del aire comprimido específicamente los filtros, tanto en unidades de mantenimiento como los que se encuentren solos.

Debido a que las unidades de mantenimiento tienen un tiempo de vida útil, que varia dependiendo de las condiciones en que operen, en San Miguel se estima un período de 5 años para su reemplazo, por tal razón es de considerar un cambio de todas éstas en las tres líneas de producción.

Se tienen un total de 148 unidades de mantenimiento y un total de 43 filtros de aire, divididos en las tres líneas de producción como se muestra en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Cantidad de unidades de mantenimiento y filtros de aire

ACCESORIO	LÍNEA 1	LÍNEA 2	LÍNEA 3	TOTAL POR ACCESORIO
Unidades de mantenimiento	51	29	68	148
Filtros	21	7	15	43
Total	72	36	83	191

Para efectuar el reemplazo de estas unidades de mantenimiento se tiene que planificar por períodos, es decir cambio por etapas.

Si se cambian 10 unidades de mantenimiento o filtros diariamente, en un mes se concluirá la instalación de todas. A partir de esta fecha se debe de programar el cambio de los elementos filtrantes cada 6 meses durante 5 años que es el tiempo de vida, y es necesario volver a invertir en los equipos.

El cambio de elementos se debe de incluir en la rutina de mantenimiento procurando los tiempos o períodos de paradas de los equipos en las áreas de trabajo, siendo responsabilidad del jefe de servicios generales su programación y control mediante la ficha mostrada en la figura 63.

Para efectuar éste mantenimiento es necesario que se cuente con dos mecánicos dedicados solo al aire comprimido, el mecánico A (actual), que esta a cargo del correcto funcionamiento de toda la red y el mecánico tipo B (nuevo), que ayude al mecánico A, y se dedique al mantenimiento de la red y cambio de elementos filtrantes.

4.4.5 Hoja de inspección

La propuesta de la hoja de inspección servirá como un instrumento a los dos mecánicos de aire comprimido y facilitará el flujo de información al jefe de mantenimiento mecánico, por cualquier falla o problema que exista en algún accesorio, mediante el número de TAG y el código HAC del equipo.

La figura 64 muestra la propuesta de la hoja de inspección la cual fue aprobada por el jefe de servicios generales.

Figura 64. Diseño de hoja de inspección de aire comprimido

No. TAG'S		ACCESORIO QUE POSEE ALGÚN PROBLEMA						UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
		VAL	FILT	LUB	REG	MAN	TUB		

Favor marcar con una X la casilla del accesorio que se encuentre con problemas.
 Indicar su ubicación y la causa del problema.

4.4.6 Costo de implementación

Para implementar el mantenimiento a la red de aire comprimido se debe de invertir en la compra de los filtros y unidades de mantenimiento, así también en la contratación de un mecánico B que estará a cargo del dicho mantenimiento.

- 148 unidades de mantenimiento.
- 43 filtros de aire.
- 1 nuevo mecánico para mantenimiento.
- Cada 6 meses reemplazo de elementos filtrantes.

Basado en la cotización realizada y calidad de los equipos se propone la marca Parker cotizado en Praisá, quienes dan un respaldo de garantía y repuestos para los mismos.

148 unidades de mantenimiento serie 7 diámetro $\frac{3}{4}$ + \$ 125.00

$$148 * \$125.00 = \$18,500.00$$

Con el cambio actual con respecto al dólar tenemos.

$$\$18,500.00 * Q8.17 = Q.151,145.00$$

43 filtros Serie 7 diámetro $\frac{3}{4}$ + \$ 46.00

$$43 * \$46.00 = \$1,978.00$$

$$\$1,978.00 * Q.8.17 = Q.16,160.26$$

Total de inversión en el reemplazo de los filtros y unidades de mantenimiento:

$$Q.151,145.00 + Q.16,160.26 = Q.167,305.26$$

También se tienen los costos de mantener estos equipos y entre ellos se tiene estimado un sueldo mensual de Q. 4,000.00 para el mecánico B de aire comprimido encargado del mantenimiento de la red y reemplazo de los elementos filtrantes de las unidades de mantenimiento.

El precio de los elementos filtrantes es de \$11.00 equivalentes a

$$\$11.00 * Q.8.17 = Q.89.87$$

$$Q89.87 * 191 \text{ elementos} = Q.17,165.17$$

Esta es una inversión que se realizará cada 6 meses para asegurar la calidad y funcionamiento de las unidades de mantenimiento y filtros en general.

El resumen de la inversión durante los cinco años de vida de las unidades de mantenimiento es el que se muestra en la tabla IXX.

Tabla IXX. Total de la inversión en la red

INVERSIÓN TOTAL DURANTE LOS 5 AÑOS		
Inversión Inicial		Q. 167,305.26
Mecánico B	Q. 4,000 mensual X 5 años	Q. 240,000.00
Elementos filtrantes	Q. 17,165.17 semestre X 5 años	Q. 171,651.70
TOTAL		Q. 578, 956.96

Para compensar esta inversión se pudo establecer por medio de los registros del SAP el tiempo de paradas de equipos por problemas de aire comprimido, correspondientes únicamente al área de despacho de cemento, como se muestra en la tabla XX.

Tabla XX. Reporte de paros por problemas de aire comprimido en despacho de cemento

Ubicación	Tiempo (H)	Inicio Avería	Comentario -Causa-	Aviso	Puesto
21-643-EV1	1.7	03.01.2003	Falta de presion de aire	10304578	21643EV1
21-644-EV1	1.22	05.01.2003	Falta de presion de aire	10304609	21644EV1
21-643-EV1	4.07	05.01.2003	Falta de presion de aire	10304617	21643EV1
21-643-EV1	4.43	09.01.2003	Falta de presion de aire	10304908	21643EV1
21-643-AA2	1.57	09.01.2003	Falta de presion de aire	10304909	21643EV1
21-642-EV1	1.08	09.01.2003	Falta de presion de aire	10304916	21642EV1
21-641-EV1	1.33	09.01.2003	Falta de presion de aire	10304919	21641EV1
21-643-EV1	5.78	10.01.2003	Falta de presion de aire	10304939	21643EV1
21-642-EV1	0.33	20.01.2003	Falta de aire comprimido	10305492	21641EV1
21-643-EV1	0.6	28.01.2003	Falta de presion de aire	10305952	21643EV1
21-642-EV1	0.83	15.02.2003	Falta de aire	10306975	21642EV1
21-642-EV1	1.5	18.02.2003	Falta de presion de aire	10307084	21642EV1
21-643-EV1	0.12	19.02.2003	Falta de presion de aire	10307146	21643EV1
21-642-EV1	0.92	24.02.2003	Falta de presion de aire	10307364	21642EV1
21-642-EV1	0.17	01.03.2003	Falta de pesion de aire	10307648	21642EV1
21-644-EV1	0.43	27.03.2003	Falta de presion de aire	10307796	21644EV1
21-643-EV1	0.37	08.03.2003	Falta de presion de aire	10308128	21643EV1
21-641-EV1	2.42	08.03.2003	Falta de presion de aire	10308142	21641EV1
21-643-EV1	1.08	11.03.2003	Falta de presion de aire	10308162	21643EV1
21-643-EV1	1	17.03.2003	Falta de presion de aire	10308461	21643EV1
21-641-EV1	1	17.03.2003	Falta de presion de aire	10308471	21641EV1
21-644-EV1	2	24.03.2003	Falta de presion de aire	10308831	21644EV1
21-643-EV1	2.75	24.03.2003	Falta de presion de aire	10308837	21643EV1
21-644-EV1	0.98	25.03.2003	Falta de presion de aire	10308890	21644EV1
21-643-EV1	1	25.03.2003	Falta de presion de aire	10308916	21643EV1
21-643-EV1	2.67	26.03.2003	Falta de presion de aire	10309028	21643EV1
21-643-EV1	0.62	29.03.2003	Falta de presion de aire	10309197	21643EV1
21-643-EV1	0.83	02.04.2003	Falta de presion de aire	10309542	21643EV1
21-644-EV1	0.6	11.04.2003	Falta de presion de aire	10309929	21644EV1
21-643-EV1	0.33	11.04.2003	Falta de presion de aire	10309938	21643EV1
21-641-EV1	0.33	11.04.2003	Falta de presion de aire	10309951	21641EV1
21-642-EV1	0.67	25.04.2003	Falta de presion de aire	10310621	21642EV1
21-641-EV1	1.13	25.04.2003	Falta de aire	10310626	21641EV1
21-644-EV1	4	03.05.2003	Falta de presion de aire	10311075	21644EV1
21-643-EV1	0.58	20.05.2003	Falta de aire	10312382	21643EV1
21-643-EV1	2	21.05.2003	Falta de aire	10312409	21643EV1
21-643-EV1	0.73	22.05.2003	Falta de aire	10312442	21643EV1
21-643-EV1	0.53	04.06.2003	Falta de presion de aire	10313528	21643EV1
21-643-EV1	1.97	06.06.2003	Falta de presion de aire	10313770	21643EV1
21-643-EV1	2.2	07.06.2003	Falta de presion de aire	10313813	21643EV1
21-643-EV1	1.08	15.06.2003	Falta de presion de aire	10314525	21643EV1
21-641-EV1	1.5	15.06.2003	Falta de presion de aire	10314528	21641EV1
21-644-EV1	4	17.06.2003	Falta de presion de aire	10314678	21644EV1
21-643-EV1	4.43	17.06.2003	Falta de presion de aire	10314687	21643EV1
21-642-EV1	4.33	17.06.2003	Falta de presion de aire	10314695	21642EV1
21-641-EV1	4.67	17.06.2003	Falta de presion de aire	10314701	21641EV1
21-644-EV1	0.7	21.06.2003	Falta de presion de aire	10315181	21644EV1
21-643-EV1	3.02	21.06.2003	Falta de presion de aire	10315207	21643EV1
21-643-EV1	1.37	25.06.2003	Falta de presion de aire	10315421	21643EV1
21-644-EV1	0.82	26.06.2003	Falta de presion de aire	10315520	21644EV1
21-643-EV1	5.45	26.06.2003	Falta de presion de aire	10315530	21643EV1
21-642-EV1	0.33	26.06.2003	Falta de presion de aire	10315536	21642EV1
21-641-EV1	0.17	26.06.2003	Falta de presion de aire	10315539	21641EV1
21-643-EV1	3.52	27.06.2003	Falta de presion de aire	10315641	21643EV1
21-644-EV1	1	14.07.2003	Falta de presion de aire	10316676	21644EV1
21-641-EV1	3	21.07.2003	Falta de presion de aire	10316875	21641EV1
21-641-EV1	1	20.08.2003	por falta de aire comprimido	10319376	21641EV1
TOTAL	98.26				

Con los resultados anteriores se obtiene el tiempo promedio mensual de paros por falta de aire comprimido en el área de despacho de cemento obteniendo los siguientes datos:

Tabla XXI. Promedio de paros por mes en el área de despacho de cemento

Mes	Tiempo en horas
Enero	22.11
Febrero	2.54
Marzo	16.49
Abril	3.89
Mayo	7.31
Junio	40.09
Julio	4
Agosto	1
Promedio	12.19 horas

Basados en la información de la tabla XXI, y en el estimado de producción de 6,000 sacos/hora despachados en el área, se deduce lo siguiente:

$$12.19 \text{ h/mes} * 6,000 \text{ sacos} = 73,140 \text{ sacos/mes.}$$

El resultado anterior significa que 73,140 sacos de cemento se dejan de despachar por problemas de aire en un mes, y en un año se estima un total de 877,680 sacos que no se despacharon.

Los beneficios serán alta disponibilidad de aire comprimido y por consiguiente de los equipos, lo que contribuirá a mayor productividad en la planta. Esto justifica la inversión de las unidades de mantenimiento y filtros, así como del mantenimiento a la red de aire comprimido, se evitaran en gran medida los paros en toda la planta lo cual se reflejara tanto en la rentabilidad y en mejora de los indicadores de mantenimiento en la planta San Miguel.

4.5 Rediseño en la red de aire comprimido en el edificio de paletizadora

Muchas veces los problemas de paros de equipos en el área de despacho en este caso específicamente paletizadora se debe a la excesiva caída de presión de aire por aspectos de diseño como diámetros inapropiados de tubería entre otros. Para realizar este rediseño se deben de realizar ciertos cálculos los cuales se describen a continuación.

4.5.1 Requerimientos técnicos de la maquinaria y equipo que utiliza aire comprimido

Se obtuvo la información del equipo neumático específicamente de la paletizadora en el área de despacho, se indica la presión de trabajo de cada uno, y es la presión en la cual trabaja todos los equipos. La presión es la fuerza por unidad de área ejercida por el aire comprimido, y se expresa en P.S.I. que son las siglas en inglés de *pounds per square inch* (libras por pulgada cuadradas), que equivale a 689.655 Pascal (N/m^2) y a 0.068965 bar ($Kg./cm^2$).

La maquinaria que utiliza la paletizadora es compleja y funciona a base de cilindros actuadores, en la tabla XXII se presenta la información de los equipos que son los requeridos por dichas maquinas para el despacho en la paletizadora y todos trabajan a 90 P.S.I.

Tabla XXII. Descripción de los equipos requeridos por la paletizadora

Descripción del equipo	Equipo donde se utiliza	No. De parte	Cantidad
Cilindro <i>Pneumax</i> PNx-1504-20-30	Cilindro ventosas de coloca-sacos	641116D	4
Cilindro <i>Parker</i> PH PNE A DIS.816 32 X 30	Cilindro de prensa sacos	641254D	20
Cilindro <i>Parker</i> PH B40-201-3000-65 ISO	Cilindros dobles guillotina 1ero.	641359D	20
Cilindro <i>Parker</i> PH B40-201-3000-40 ISO	Cilindros dobles guillotina 2do.	640969D	20
Cilindro <i>Parker</i> PH B32-201-3000-150 ISO	Levanta paquetes de sacos	640830D	2
Cilindro <i>Parker</i> PH-D100 Rotante	Mesa trasladadora de paquetes de bolsas	640817D	2
Cilindro <i>Parker</i> PH B32-201-300-70 ISO	Cilindro de pinzas de coloca-sacos	640774D	2
Cilindro <i>Parker</i> PH-B50-201-3000-250 ISO	Levanta paquetes de sacos	640819D	2
Cilindro <i>Pneumax</i> PNx-1400-310-01-05 Freno	Mesa levanta paquetes de bolsa.	640606D	2
Cilindro neumático <i>Parker</i> PH-B63-2013A-200	Aplicador de sacos	641529D	2
Cilindro <i>Parker</i> PH B50-201-3000-200 ISO	Levanta paquetes de sacos	640818D	4
Cilindro Univer J12-32-0400-A	Toma plásticos	641140D	2
Cilindro <i>Parker</i> PH PNE B63-201-3000 180 ISO	Formación de tarimas (son dos cilindros)	641522D	2
Cilindro <i>Parker</i> PNE B80-201-5000-300 ISO	Mesa rodillos giratoria después de pz1	640873D	2

4.5.2 Flujo de aire requerido

El flujo de aire más conocido como demanda total de aire, es el que pasará a través de la tubería y equivale al aire a consumir por todos los equipos neumáticos de la red, en este caso de la paletizadora.

Este flujo se obtiene de forma individual para luego obtener el total y con este dato se determina el diámetro de la tubería. En neumática el consumo de aire se expresa en CFM, esta son las siglas en ingles de *cubic feet o fair per minute* (pies cúbicos de aire por minuto).

Para calcular este flujo se deben de considerar los siguientes aspectos y que más adelante se detallan:

- Factor de carga.
- Coeficiente de simultaneidad.
- Cálculo de demanda unitaria.
- Demanda teórica.

4.5.2.1 Factor de carga

El factor de carga es el porcentaje de tiempo de utilización del equipo, es decir el tiempo total de operación en una hora de servicio, expresado en porcentaje. Se calcula por medio de tomas de tiempo en períodos de 1 hora, para obtener el tiempo en que el equipo se utiliza realmente; por ejemplo, si un equipo neumático se utiliza durante un total de 30 minutos en una hora de trabajo, el factor de carga será de 50%.

El factor de carga en algunas máquinas es muy grande, y muchas veces coincide con la importancia que la misma tiene en producción.

Con el factor de carga se procederá a calcular posteriormente la demanda individual y total. El factor de carga se obtiene con la siguiente fórmula:

$$F = \frac{T_u \times 100}{T_t}$$

Donde:

F = Factor de carga (%)

T_u = Tiempo total de uso del equipo (min.)

T_t = tiempo total de la observación (min.)

Ya que solo se dispone de cilindros neumáticos se utilizará el coeficiente de simultaneidad que se describe en la sección posterior.

4.5.2.2 Coeficiente de simultaneidad

Este es un factor que se refiere a la cantidad de equipos que funcionan simultáneamente, ya que no todos se activan al mismo tiempo y su funcionamiento es intermitente. Por lo complejo de los equipos y que todos son cilindros neumáticos se asume un valor de 60%.

4.5.2.3 Cálculo de la demanda unitaria

Es el cálculo del flujo o demanda de cada equipo neumático, muchas veces se encuentra en los manuales o catálogos, pero en el caso de los cilindros deberá calcularse.

Los cilindros neumáticos son los que se utilizan para los movimientos de las maquinas en la planta San Miguel y para calcular el flujo de aire, se calcula primero la demanda o consumo de cada cilindro y este valor se multiplica por el número de cilindros iguales que tenga, si se utilizan cilindros de diferentes medidas, la demanda de aire será la sumatoria del consumo de los mismos.

Para obtener la demanda unitaria se debe se disponer de la siguiente información:

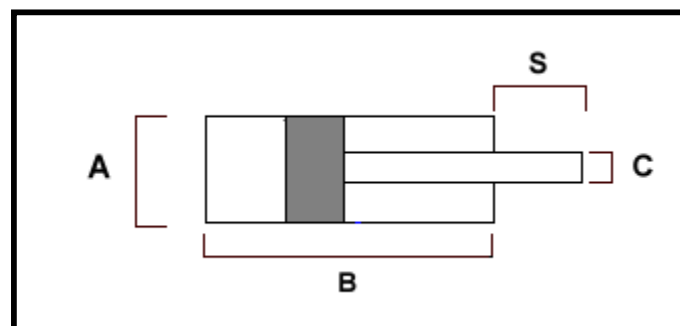
➤ **Cálculo de ciclos por minuto**

Es la cantidad de veces que efectúa trabajo el cilindro (salida-entrada), en un minuto y se expresa en (ciclos/min.).

➤ **Características y medidas de los cilindros neumáticos**

Dimensiones de los cilindros así como si son de simple efecto o doble efecto la figura 65 muestra las medidas utilizadas para dicho cálculo.

Figura 65. Medidas utilizadas en los cilindros para los cálculos



Donde:

- A = Diámetro del cilindro (milímetros)
- B = Longitud del cilindro (milímetros)
- C = Diámetro eje del émbolo (milímetros)
- S = Longitud de la carrera (centímetros)

Los valores A y S serán los que se utilizarán para los cálculos, ya que son los que influyen en el volumen de aire comprimido.

➤ Cálculo de consumo de aire de cada cilindro (CFM)

Conociendo el diámetro del cilindro, la longitud de la carrera, el número de carreras o ciclos por minuto y la presión de trabajo, se procede a calcular el consumo de aire comprimido para cada cilindro con las siguientes fórmulas:

Para cilindros de simple efecto se debe de utilizar la fórmula:

$$Q = s \times n \times q \quad (\text{Litros/minuto})$$

Para cilindros de doble efecto se debe de utilizar la fórmula

$$Q = 2(s \times n \times q) \quad (\text{Litros/minutos})$$

Para obtener la conversión de litros/minuto a pies³/minutos (CFM) se debe dividir el resultado dentro de 28.32, ya que 1pie³ = 28.32 litros. En las dos fórmulas el significado de cada variable es:

Q = Consumo de aire total en litros/minuto (demanda)

q = Consumo de aire del cilindro neumático por cada centímetro de carrera expresado en litros/minuto; se obtiene de la tabla XXIII.

n = Número de carreras por minuto (ciclos/minuto)

s = Carrera en centímetros

Para realizar el cálculo es necesario determinar el valor de q el cual se obtiene de la tabla XXIII, el valor se encuentra conociendo la presión de trabajo y el diámetro del cilindro, al no encontrar un valor exacto de estas variables deberá interpolar o extrapolar, según sea el caso.

Tabla XXIII. Consumo de aire comprimido para cilindros neumáticos

PRESIÓN DE TRABAJO EN bar y en (P.S.I.)															
bar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
P.S.I.	(14.5)	(29.0)	(43.5)	(58.0)	(72.5)	(87.0)	(101.5)	(116.0)	(130.5)	(145.0)	(159.5)	(174.0)	(188.5)	(203.0)	(217.5)
Diámetro cilindro (mm)	Consumo de aire en litros por centímetro de carrera del cilindro														
6	0.0005	0.0008	0.0011	0.0014	0.0016	0.0019	0.0220	0.0025	0.0027	0.0300	0.0033	0.0036	0.0038	0.0041	0.0044
12	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.018
16	0.004	0.006	0.008	0.010	0.011	0.014	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.029	0.032
25	0.010	0.014	0.019	0.024	0.029	0.033	0.038	0.043	0.048	0.052	0.057	0.062	0.067	0.071	0.076
35	0.019	0.028	0.038	0.047	0.056	0.066	0.075	0.084	0.093	0.103	0.112	0.121	0.131	0.140	0.149
40	0.025	0.037	0.049	0.061	0.073	0.085	0.097	0.110	0.122	0.135	0.146	0.157	0.171	0.183	0.195
50	0.039	0.058	0.077	0.096	0.115	0.134	0.153	0.172	0.191	0.210	0.229	0.248	0.267	0.286	0.305
70	0.076	0.113	0.150	0.187	0.225	0.262	0.299	0.335	0.374	0.411	0.448	0.485	0.523	0.560	0.597
100	0.155	0.231	0.307	0.383	0.459	0.535	0.611	0.687	0.763	0.839	0.915	0.991	1.067	1.143	1.219
140	0.303	0.452	0.601	0.750	0.899	1.048	1.197	1.346	1.495	1.644	1.793	1.942	2.091	2.240	2.389
200	0.618	0.923	1.227	1.531	1.835	2.139	2.443	2.747	3.052	3.356	3.660	3.964	4.268	4.572	4.876
250	0.966	1.441	1.916	2.392	2.867	3.342	3.817	4.292	4.768	5.243	5.718	6.193	6.668	7.144	7.619

FUENTE: Enrique Carniner, **Aire comprimido; teoría y cálculo de las instalaciones,**
p.202

Como ejemplo se desarrolla el cálculo de consumo unitario para el cilindro que aparece en la primera fila de la tabla XXII, representa un cilindro de doble efecto que es utilizado en las ventosas de coloca-sacos cuyas medidas de diámetro y carrera son las siguientes:

A = 20mm.

S = 30mm.

Ciclos/minuto = 12

Presión de trabajo = 90 PSI

El valor de q se obtiene de la tabla XXIII, se debe buscar la intersección de los datos de presión (90 P.S.I.) y el diámetro del cilindro (20 mm), como estos valores no se encuentran exactamente, se debe realizar una doble interpolación entre los valores de 87.0 P.S.I. y 101.5 P.S.I., para la presión de 90 P.S.I., así como para 16 mm. como para 25 mm. luego se interpola estos valores para 20 mm, obteniendo un valor de q = 0.0231341 litros/min.

Debido a que el cilindro es de doble efecto se calcula Q con la siguiente fórmula:

$$Q = 2(s \times n \times q) \quad (\text{Litros/minuto})$$

Donde:

q = 0.023134 litros/minuto

n = 12 ciclos/minuto

s = 3 centímetros

$$Q = 2(3 \times 12 \times 0.023134) = 1.6657 \quad \text{Litros/ minuto}$$

Para realizar la conversión de litros/minuto a $\text{pies}^3/\text{min.}$ se dividen los litros/min. por 28.32 entonces se tiene:

$$\frac{1.6657}{28.32} = 0.05882 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

Para obtener los CFM totales con respecto a ese cilindro se debe de multiplicar por la cantidad de cilindros que son iguales en este caso 4 y se obtiene:

$$0.05882 \times 4 \text{ cilindros} = 0.2353 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

En la tabla XXIV se muestran los CFM de todos los cilindros con sus respectivas carreras y diámetros todos para el área de paletizadora.

Tabla XXIV. Demanda de CFM de los cilindros neumáticos

Cantidad cilindros	Equipo donde se utiliza	Carrera	Diámetro	CFM	CFM
		mm	mm	unitario	TOTAL
		s	a	Litros/min.	Litros/min.
4	Cilindros ventosas de coloca-sacos	30	20	0.00082	0.00327
20	Cilindro de prensa sacos	32	30	0.0691	1.3816
20	Cilindros dobles guillotina 1ero.	20	40	0.1236	2.4728
20	Cilindros dobles guillotina 2do.	25	40	0.6179	12.36
2	Cilindro levanta paquetes de sacos	21	32	0.0128	0.0257
2	Cilindros mesa trasladadora de paquetes de bolsas	461	100	0.05917	0.1183
2	Cilindros de pinzas de coloca-sacos	70	32	0.3424	0.6847
2	Cilindros levanta paquetes de sacos	25	50	0.0365	0.0731
2	Cilindros mesa levanta paquetes de bolsa.	40	31	0.2318	0.4637
2	Cilindros aplicador de sacos	20	63	1.26	2.52
4	Cilindros levanta paquetes de sacos	20	50	0.02924	0.117
2	Cilindros toma plásticos	40	32	0.03261	0.0652
2	Cilindros formación de tarimas (son dos cilindros)	30	63	0.09475	0.1895
2	Cilindros mesa rodillos giratoria después de pz1	30	80	0.1155	0.231
TOTAL CFM requeridos					20.7059

4.5.2.2 Demanda teórica

La demanda teórica se obtiene en este caso multiplicando la cantidad de CFM total obtenidos de la tabla XXIV, y multiplicándolo por el coeficiente de simultaneidad.

$$CFM \text{ total} \times \text{coef. Simultaneidad} = \text{Demanda teórica}$$

$$20.1059 \frac{\text{pies}^3}{\text{min.}} \times 0.60 = 12.06354 \frac{\text{pies}^3}{\text{min.}}$$

La demanda teórica es de 12.06354 CFM (pie³/min.).

4.5.2.3 Cálculo del flujo de aire para la red de aire comprimido

Para obtener el flujo de aire se debe de agregar a la demanda teórica lo siguiente:

Perdidas por fugas 10%, error de cálculo 10% y 20% por posibles ampliaciones.

Calculando con los parámetros antes mencionados para el flujo de aire en el área de paletizadora se obtiene:

Demanda teórica	=	12.06354 CFM
Perdida por fugas	=	12.06354 * 10% = 1.206354 CFM
Error de cálculo	=	12.06354 * 10% = 1.206354 CFM
Posibles ampliaciones	=	12.06354 * 20% = <u>2.412708 CFM</u>
TOTAL	=	16.89 CFM

Sumando los resultados se encuentra el consumo de aire total correspondiente al área planificada y es de:

$$\text{Demanda total} = \mathbf{16.89 \text{ CFM}}$$

Con la demanda total se procede a calcular la tubería adecuada para el área.

4.5.3 Cálculo de tubería

El cálculo de tubería consiste principalmente en determinar el diámetro de la tubería que se utilizará en el rediseño de la red, para cumplir las necesidades requeridas por los equipos.

El diámetro de la tubería está directamente relacionado con las pérdidas de presión por lo que es importante calcular el diámetro óptimo, y debe ser capaz de transportar el caudal de aire necesario sin sobrepasar la pérdida de presión admisible.

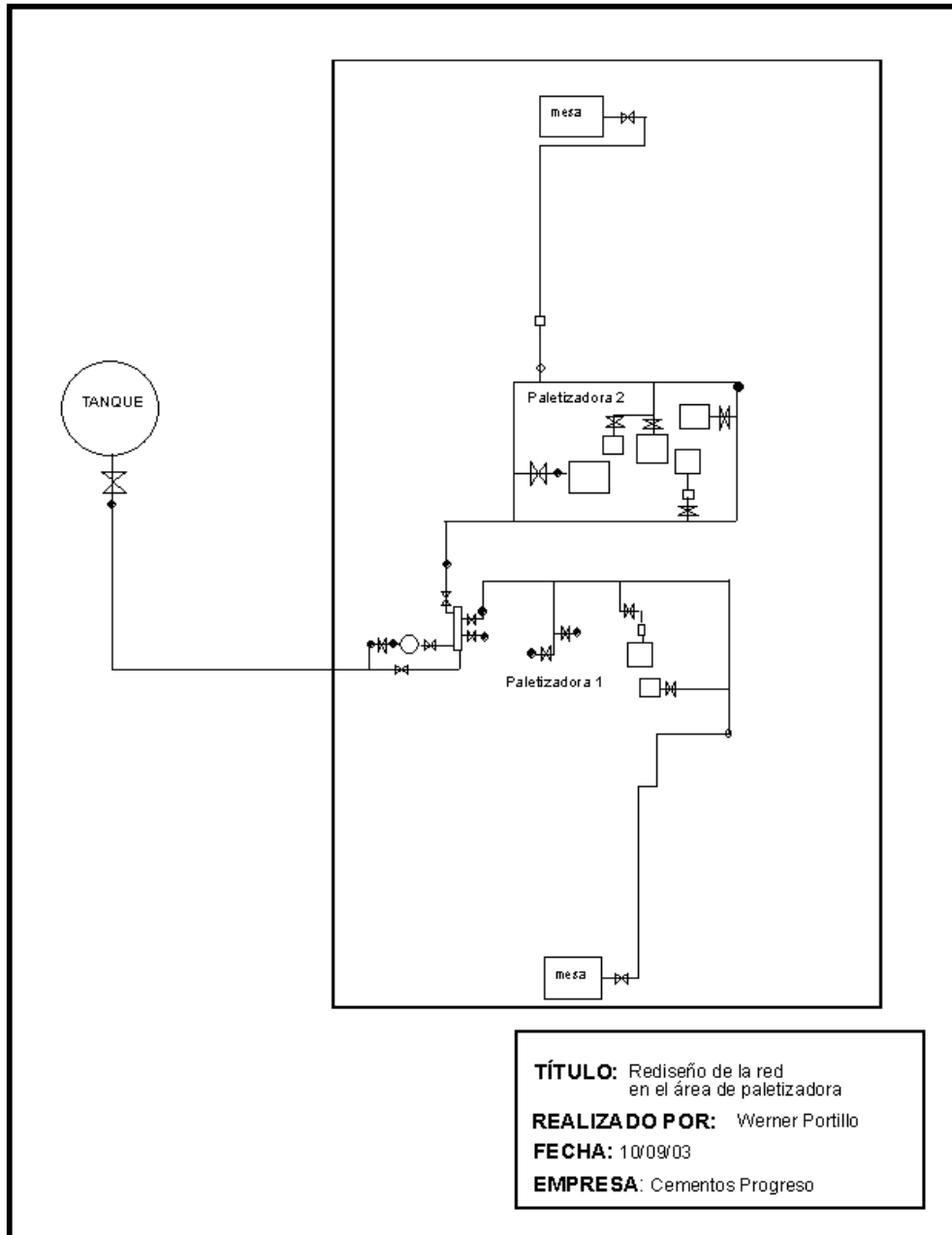
Se deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Diseño de la instalación.
- b) Caudal requerido.
- c) Máxima presión requerida.
- d) Pérdida de presión admisible.
- e) Determinación de la longitud equivalente.
- f) Cálculo de pérdida de presión en tubería.
- g) Pérdida de presión en porcentaje.

El procedimiento para el cálculo es el siguiente:

a) Diseño de la instalación.

Figura 66. Diseño de la red en área paletizadora



- b) Determinar el caudal requerido para la red de aire comprimido.

Este caudal se determino en la sección 4.5.2.3 y es de **16.89 CFM**.

- c) Determinar la máxima presión requerida.

La presión máxima que se trabaja en la planta San Miguel es de **90 P.S.I.** y es la presión que generan los compresores marca *Atlas Copco*.

- d) Determinar la pérdida de presión admisible: **3%** de la presión de la instalación, mientras menor sea el porcentaje de pérdida significa mayor eficiencia en el sistema.

- e) Determinar la longitud equivalente en pies, asumiendo un diámetro de 1 ¼+ ésta se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Long. Equivalente} = \text{Long. de tubería} + \text{Long. accesorios}$$

Donde:

Long. equivalente = Longitud equivalente en pies de la red.

Long. de tubería = Longitud expresada en pies de tubería, ya sea calculada físicamente o por medio de un plano a escala.

Long. accesorios = equivale a la pérdida de presión por accesorios multiplicado por el número de accesorios, se obtiene de la tabla XXV, donde se asume un diámetro arbitrario, que es el mismo de la tubería.

Tabla XXV. Pérdida de presión de aire en accesorios de tubería

LONGITUD RECTA EQUIVALENTE EN PIES						
DIÁMETRO NOMINAL (Pulg.)	Válvula de compuerta	Codo de radio largo; Tee	Codo; Tee reducida	Válvula de Ángulo	Curva en U Estrecha	Válvula de Globo
½	0.36	0.62	1.55	8.65	3.47	17.3
¾	0.48	0.82	2.06	11.4	4.6	22.9
1	0.61	1.05	2.62	14.6	5.82	29.1
1 ¼	0.81	1.38	3.45	19.1	7.66	38.3
1 ½	0.94	1.61	4.02	22.4	8.95	44.7
2	1.21	2.07	5.17	28.7	11.5	57.4
2 ½	1.44	2.47	6.16	34.3	13.7	68.5
3	1.79	3.07	6.16	42.6	17.1	85.2
4	2.35	4.03	7.67	56.0	22.4	112.0
5	2.94	5.05	10.1	70.0	28.0	140.0
6	3.54	6.07	15.2	84.1	33.8	168.0
8	4.65	7.98	20	111.0	44.6	222.0
10	5.85	10	25	139.0	55.7	278.0
12	6.96	11	29.8	166.0	66.3	332.0

FUENTE: Rafael López, **Manual para instalaciones de vapor y aire, p.133**

Tabla XXVI. Longitud de accesorios para el área de paletizadora

Accesorio	Cantidad	Long. Equivalente (pies)	Long. Equivalente TOTAL (pies)
Válvula compuerta	4	0.81	3.24
Válvula de globo	14	38.3	536.2
Codo	42	3.45	144.9
Tee	11	1.38	15.18
TOTAL			699.52

Longitud tubería, la cual se cálculo físicamente = 427.50 pies.

Longitud de accesorios = 699.52 pies.

La longitud total equivalente es la suma de las dos anteriores siendo está de: Longitud equivalente = 427.5 + 699.52 = **1,127.02 pies.**

f) Calcular la pérdida de presión en la tubería (P.S.I.):

$$\text{Pérdida de presión} = \frac{\text{Factor de pérdida (F)} \times \text{Longitud Equivalente (pies)}}{\text{Factor de tubería (R)} \times 1000}$$

Donde:

F= Factor de pérdida, se determina con la tabla XXVII, utilizando los datos del diámetro de la tubería en pulgadas (el cual se asumió de 1 ¼") y el caudal del aire requerido por la instalación que es de 16.89 pies³/min. (CFM).

Tabla XXVII. Factores de pérdida de presión debida a fricción en la tubería

Pies cúbicos de aire por minuto	Diámetro nominal (Pulg.)																			
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	8	10	12			
25	316	50.0	13.6	3.2	1.4	0.7														
30	456	70.4	19.6	4.5	2.0	1.1														
35	621	95.9	26.8	6.2	2.7	1.4														
40	811	125.3	34.8	8.1	3.6	1.9														
45	159	44.0	10.2	4.5	2.4		1.2													
50	196	54.4	12.8	5.6	2.9	1.4														
60	282	78.3	18.2	8.0	4.2	2.2														
70	385	106.8	24.7	10.9	5.7	2.9	1.1													
80	503	139.2	32.4	14.3	7.5	3.8	1.5													
90	646	176.2	40.9	18.1	9.5	4.8	1.9													
100	785	217.4	50.5	22.3	11.7	6.0	2.3													
150	450	113.6	50.3	26.3	13.4	5.2	1.6													
200	870	202	89.74	46.7	23.9	9.3	2.9													
260	341	151	79.0	40.3	15.7	4.9														
320				61.1	23.8	7.5	3.5													
380				86.1	33.5	10.5	4.9			2.5										
500					150.0	58.0	18.3	8.5	4.3	2.4										
600					215	83.5	26.3	12.2	6.2	3.4										
700					294	113.7	35.8	16.6	8.5	4.6	2.6									
800					382	148.4	46.7	21.7	11.1	6.1	3.3									
850					433	168	52.8	24.4	12.5	6.8	3.8									
900					468	188	59.1	27.4	14	7.7	4.2									
950					541	209.4	65.9	30.5	15.7	8.6	4.7									
1,000					600	232	73.0	33.8	17.9	9.5	5.2	1.9								
1,500								76.1	39.0	21.3	11.8	4.4								
2,000									135	69.3	37.9	20.9	7.8	1.8						
2,500										212	108.2	59.2	32.6	12.3	2.9					
3,000										305	156	85.2	47.0	17.7	4.1					
4,000										542	277	151	83.6	31.4	7.3	2.2				
5,000											433	236	131	49.1	11.5	3.4				
6,000												341	188	70.7	16.5	5.0	1.9			
7,000													464	256	96.2	22.5	6.8	2.6		
8,000														335	125.7	29.4	8.8	3.6		
9,000															423	159	37.2	11.2	4.4	
10,000																523	196	45.9	13.8	5.4

FUENTE: Rafael López, Manual para instalaciones de vapor y aire, p.132

Por medio de una regla de tres se efectúa el cálculo ya que en la tabla XXVII, no aparece para valores menores a 25 Pies³/min.

$$\frac{25 \text{ pies}^3/\text{min} \text{ ---- } 3.2 \text{ pies}^3/\text{min}}{16.89 \text{ pies}^3/\text{min} \text{ ----- } X}$$

Se obtiene un valor de F igual a **2.16 pies³/min.**

La longitud equivalente calculada en el paso anterior es 1,127.02 pies.

El factor de la tubería (R) se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\text{Presión de la instalación (P.S.I.)} + \text{Presión manométrica (P.S.I.)}}{\text{Presión manométrica}}$$

Presión de instalación = 90 P.S.I.

Presión manométrica = 14.5 P.S.I.

Al sustituir los valores en la fórmula, se tiene:

$$R = \frac{90 + 14.5}{14.5}$$

Factor de tubería R = 7.2069

Al sustituir estos valores en la fórmula de pérdida de presión se tiene:

$$\text{Pérdida de presión} = \frac{2.16 \text{ P.S.I.} \times 1,127.02 \text{ pies}}{7.2069 \times 1000}$$

Entonces la pérdida de presión en la tubería es de: 0.3378 PSI.

g) Pérdida de presión en porcentaje:

Ésta debe de ser menor o igual a 3% y se sobre pasa este valor se debe de calcular con una tubería con mayor diámetro.

$$\% \text{ de pérdida de presión} = \frac{\text{Pérdida de presión (P.S.I.)} \times 100}{\text{Presión de la instalación (P.S.I.)}}$$

Pérdida de presión = 0.3378 P.S.I.

Presión de la instalación = 90 P.S.I.

Al sustituir estos valores en la fórmula se tiene:

$$\% \text{ de pérdida de presión} = \frac{0.3378 \text{ (P.S.I.)} \times 100}{90 \text{ (P.S.I.)}}$$

Se obtiene que el porcentaje de pérdida de presión es de 0.375 %.

Como el porcentaje de pérdida es menor a 3% el diámetro de la tubería en el área de paletizadora será de 1 ¼"

4.5.3.1 Selección de material para tubería

En la red de aire comprimido de la planta San Miguel como en todo circuito neumático suele trabajar a una presión más baja en comparación con un sistema hidráulico, y no se necesita un material de extraordinaria resistencia para tuberías y accesorios. A continuación se presenta un listado de los materiales de uso más común para las tuberías en redes de aire comprimido.

- a) Tubos de hierro galvanizado (tubos H.G.)
- b) Tubos de hierro fundido
- c) Tubos especiales de cobre
- d) Tubos especiales de aluminio
- e) Tubos especiales de latón

El tubo elegido para la instalación en la red es el de acero galvanizado por su bajo precio y sus cualidades entre ellas las siguientes:

- a) Gran resistencia.
- b) Capacidad de deformarse o flexionarse bajo una carga.
- c) Capacidad de doblarse sin romperse.
- d) Alta resistencia al impacto.
- e) Resistencia a la corrosión.

Junto a estas características, la capacidad de ser maleable y su capacidad de soldadura que lo hace muy fácil de trabajar.

4.5.3.2 Cédula de tubería

El número de cédula indica el espesor de la pared de la tubería y son especificados por el Instituto Nacional Americano de Estándar (ANSI) y los clasifican desde cédula 10 hasta 160. La tabla XXVIII muestra el espesor de los tubos correspondientes a su diámetro nominal y el número de cédula.

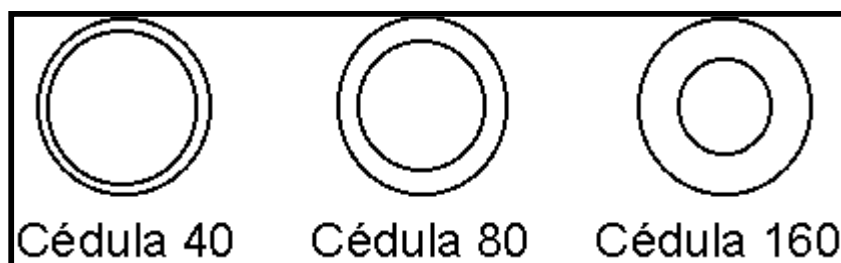
Tabla XXVIII. Espesor de pared para tubería según número de cédula y diámetro

TUBO DE ACERO GALVANIZADO (Grosor de pared - Pulgadas)														
Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	CÉDULA 10	CÉDULA 20	CÉDULA 30	STANDAR	CÉDULA 40	CÉDULA 60	X STRONG	CÉDULA 80	CÉDULA 100	CÉDULA 120	CÉDULA 140	CÉDULA 160	XX STRONG
1/8	0.405				0.068	0.068		0.095	0.095					
1/4	0.540				0.088	0.088		0.119	0.119					
3/8	0.675				0.091	0.091		0.126	0.126					
1/2	0.840				0.109	0.109		0.147	0.147				0.187	0.294
3/4	1.05				0.113	0.113		0.154	0.154				0.218	0.306
1	1.315				0.133	0.133		0.179	0.179				0.250	0.358
1 1/4	1.660				0.140	0.140		0.191	0.191				0.250	0.382
1 1/2	1.900				0.145	0.145		0.200	0.200				0.281	0.400
2	2.375				0.154	0.154		0.218	0.218				0.343	0.436
2 1/2	2.875				0.203	0.203		0.276	0.276				0.375	0.552
3	3.500				0.216	0.216		0.300	0.300				0.438	0.600
3 1/2	4.000				0.226	0.226		0.318	0.318					0.636
4	4.500				0.237	0.237		0.337	0.337		0.438		0.531	0.674
5	5.563				0.258	0.258		0.375	0.375		0.500		0.625	0.750
6	6.625				0.280	0.290		0.432	0.432		0.562		0.718	0.864
8	8.625		0.250	0.277	0.322	0.322	0.406	0.500	0.500	0.593	0.718	0.812	0.906	0.875
10	10.750		0.250	0.307	0.365	0.365	0.500	0.500	0.593	0.718	0.843	1.000	1.125	
12	12.750		0.250	0.330	0.375	0.408	0.562	0.500	0.687	0.843	1.000	1.125	1.312	
14	14.000	0.250	0.312	0.375	0.375	0.438	0.593	0.500	0.750	0.937	1.093	1.250	1.406	
16	16.000	0.250	0.312	0.375	0.375	0.500	0.656	0.500	0.843	1.031	1.218	1.438	1.593	
18	18.000	0.250	0.375	0.438	0.375	0.562	0.750	0.500	0.937	1.156	1.375	1.562	1.781	
20	20.000	0.250	0.375	0.500	0.375	0.593	0.812	0.500	1.031	1.281	1.500	1.750	1.988	

FUENTE: Melvin Monroy, Principios de instalaciones hidráulicas y neumáticas, p.22

Mientras mayor sea el número de cédula, mayor será el espesor de la pared del tubo, como se muestra en la figura 67, donde se ejemplifica la relación del espesor con el número de cédula.

Figura 67. Espesor de tubos con relación al número de cédula



Para calcular el número de cédula se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{No. Cédula} = \frac{1000 P}{s}$$

Donde:

No. = Número de cédula

P = Presión de trabajo (90 P.S.I.)

S = Esfuerzo admisible de trabajo en Kg. /cm², lb. /pulg².

El esfuerzo admisible de trabajo (S) depende exclusivamente del material, los cuales se encuentran en la tabla XXIX, donde se indica el esfuerzo para varios materiales.

Tabla XXIX. Esfuerzo admisible de trabajo según el material

MATERIAL	TENSION MÁXIMA ADMISIBLE DEL MATERIAL	
	P.S.I	Kg/cm ²
Fundición	4,000 . 8,000	280 . 560
Acero	18,000	1,265
Cobre blando	6,800	480
Cobre semiduro	9,000	630
Cobre duro	11,300	800
Latón rojo	8,000 *	560
Latón aluminio	12,500 *	880
Latón 70/80	12,500 *	880
Nylon	2,000 . 6,000 **	140 - 420

* Hasta 94⁰

**Según calidad y temperatura

FUENTE: Melvin Monroy, **Principios de instalaciones hidráulicas y neumáticas, p. 99**

Para el caso de la red en la planta San Miguel se tienen los siguientes datos:

$$P = 90 \text{ P.S.I.}$$

$$S = 18,000 \text{ lb. /pulg}^2. \text{ (Para acero, tabla XXIX)}$$

Aplicando la fórmula se tiene:

$$No. = \frac{1000 \times 90}{18,000} = 5.0 \cong 10$$

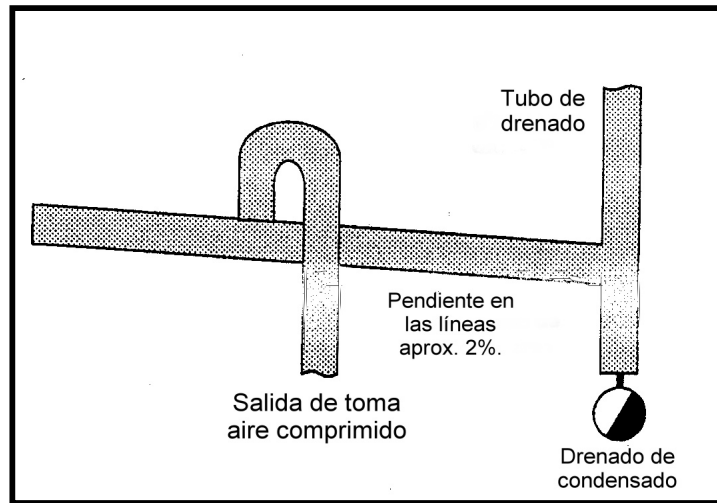
Como se puede observar en la fórmula anterior el número de cédula se aproximó a 10 debido a que es el valor más cercano al obtenido y es el más pequeño del mercado. Como se estableció que el diámetro de tubería utilizada es de 1 ¼" y para estos diámetros la tabla XXIX solo existen cédulas 40, 80 y 160 se elige un número de cédula de 40, por ser el más próximo.

Cédula elegida No. 40.

4.5.4 Diseño de tomas de aire

Las tomas de aire en la red se deben de efectuar desde la parte superior de la tubería como se muestra en la figura 68, donde se evita en gran parte el condensado y permite abastecer con mejor calidad el aire comprimido en los equipos.

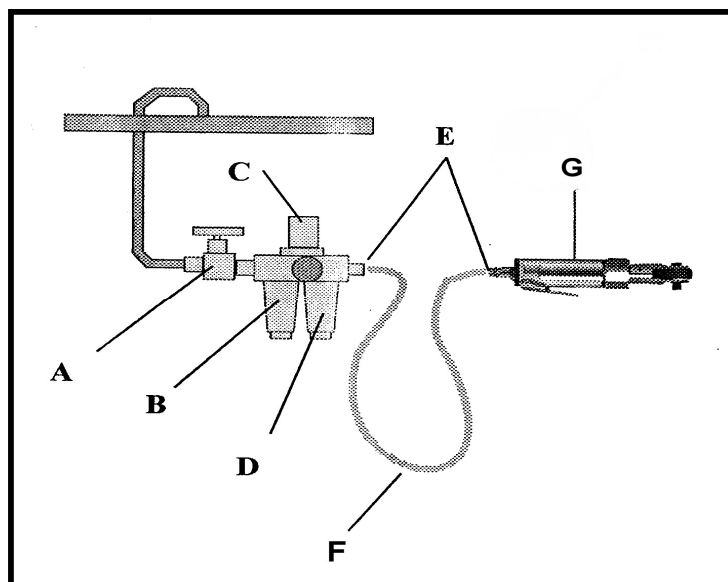
Figura 68. Diseño de tomas permitiendo separación de condensados



FUENTE: **Manual Kaeser**, compresores, p.5, 16

La figura 69 muestra como se deben de efectuar la toma en todos los equipos.

Figura 69. Diseño de tomas de aire para los equipos



A) Válvula, B) Filtro, C) Regulador, D) Lubricador, F) Manguera, G) Equipo.

FUENTE: **Manual Kaeser**, compresores, p.9, 9

4.5.5 Cálculo de accesorios

Para el rediseño de la red de aire comprimido en el área de paletizadora se efectuó el cálculo de los accesorios, estos fueron tomados en cuenta en la sección 4.5.3 y son los siguientes:

Tabla XXX. Accesorios para la tubería en paletizadora

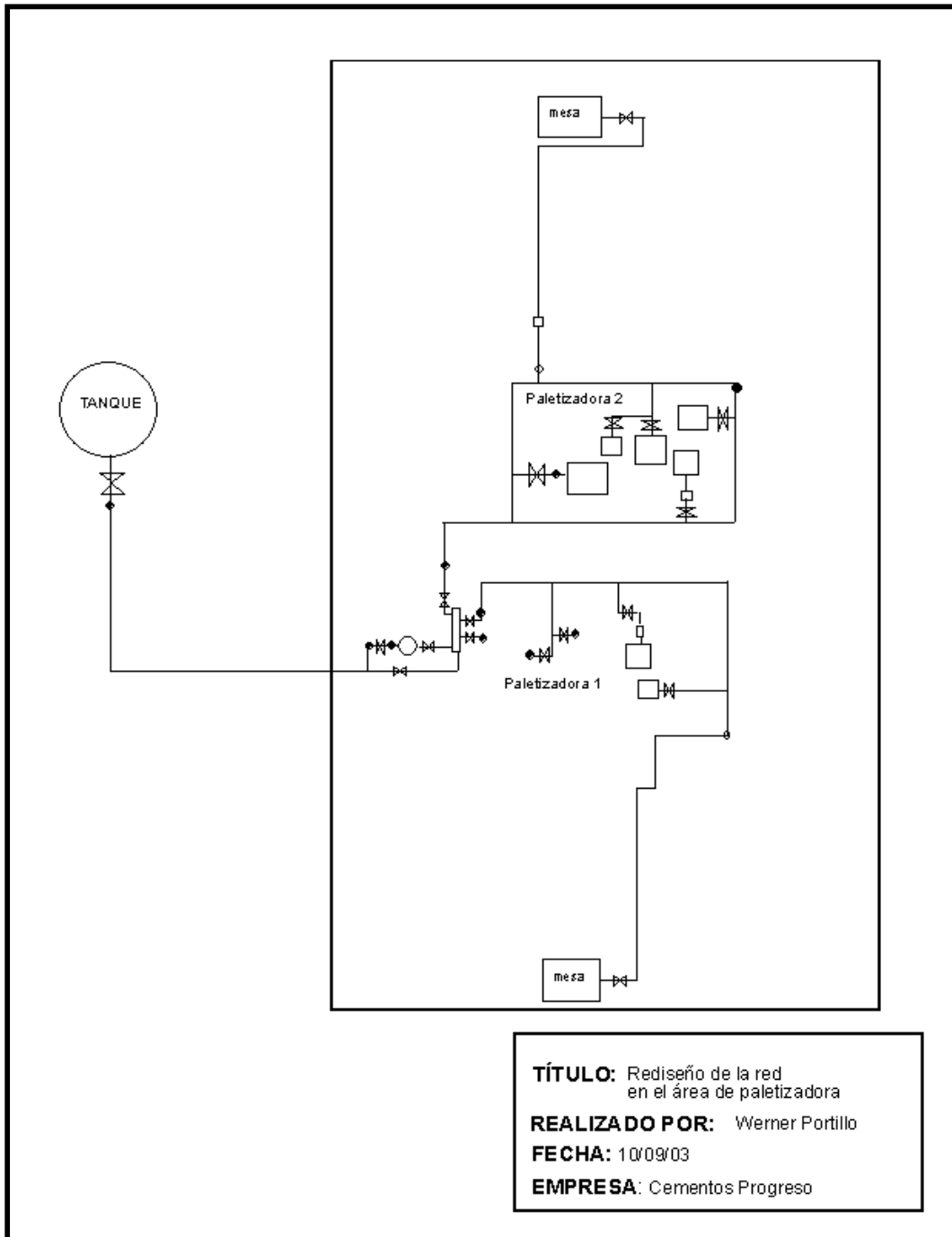
Accesorio	Cantidad
Válvula compuerta	4
Válvula de globo	14
Codo	42
Tee	11

4.5.6 Plano edificio paletizadora

El plano propuesto para el rediseño está enfocado a un mejor aprovechamiento y disponibilidad del aire comprimido, esto en gran medida a que en el área de paletizadora no se utiliza herramienta solo equipos que en conjunto conforman la paletizadora.

Se realizó un circuito mixto obteniendo las ventajas del circuito cerrado para mejorar el funcionamiento de los equipos y mejorar el abastecimiento del aire asegurando la presión en toda la red.

Figura 70. Plano propuesto en el rediseño del edificio paletizadora

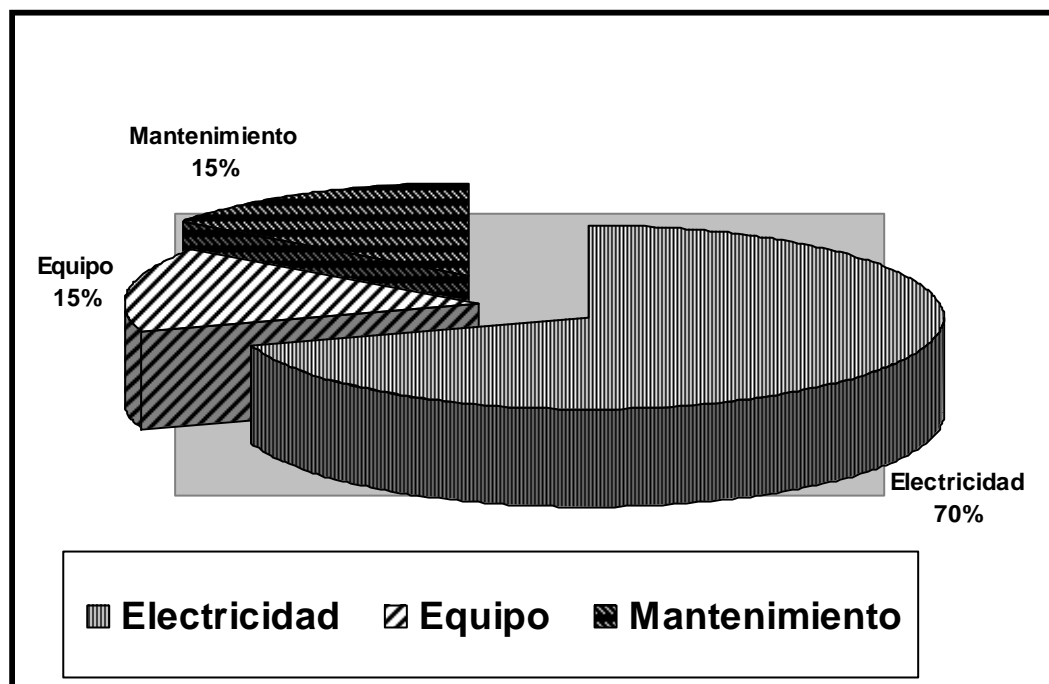


4.5.7 Costos de la propuesta del rediseño de la red de aire comprimido

La generación del aire comprimido es muy costosa, pero sigue siendo un tipo de energía muy práctica ya que permite el uso de herramienta liviana y de alta velocidad.

La siguiente figura muestra la estructura de los costos que intervienen en la producción de aire comprimido.

Figura 71. Estructura de los costos del aire comprimido



En la tabla XXXI, se indican los costos que se incurren en la propuesta de rediseño, tanto de tubería como de accesorios.

Tabla XXXI. Costos que intervienen en el rediseño de la red de aire comprimido en paletizadora

CANTIDAD	ACCESORIO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
4	Válvula compuerta 1 ¼+	Q. 47.64	Q. 190.56
14	Válvula de globo 1 ¼+	Q. 45.00	Q. 630.00
42	Codo 90 ^o 1 ¼+	Q. 9.65	Q. 405.30
11	Tee 1 ¼+	Q. 27.10	Q. 298.10
1,127.02 Pies	Tubo de acero galvanizado 1 ¼+HG.	Q.2.75	Q. 3,099.31
Suma total			Q. 4,623.27

Los costos son de acuerdo al plano propuesto y se asume la compra de las unidades de mantenimiento, propuestas en la sección 4.4.6. la suma de la compra de los accesorios y tubería asciende a **Q. 4,623.27**

5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN DE ACEITE EN EL AGUA DE ENFRIAMIENTO DE RETORNO EN LA PLANTA

5.1 Principios sobre contaminación por aceite

La degradación del medio ambiente debida a la actitud adoptada por el hombre hacia la naturaleza, durante los últimos años, ha dado lugar a uno de los problemas más grandes de la humanidad, la contaminación.

La explotación intensiva de los recursos naturales y el desarrollo de grandes concentraciones industriales y urbanas en determinadas zonas, son fenómenos que, por incontrolados, han dado lugar a la saturación de la capacidad asimiladora y regeneradora de la naturaleza y pueden llevar a perturbaciones irreversibles del equilibrio ecológico general.

La contaminación puede tener diferentes orígenes tales como los desechos, la escorrentía urbana, que incluye el aceite y la grasa de nuestras carreteras, heces humanas y de animales domésticos o salvajes, pesticidas y nitratos de los hogares o de actividades agrícolas, y desastres medioambientales, etc.

Los aceites residuales generados representan más del 60% de los aceites lubricantes consumidos. Esto hace que los aceites usados sean uno de los residuos contaminantes más abundantes que se generan actualmente.

Para determinar la peligrosidad de un lubricante, hay que tener en cuenta varios aspectos entre ellos los siguientes:

- Biodegradabilidad
- Bioacumulación
- Toxicidad
- Ecotoxicidad
- Emisión de gases
- Degradación química
- Tiempo requerido para ser eliminado del agua

Los aceites vírgenes contienen o pueden contener cantidades pequeñas controladas de PHA's (compuestos aromáticos policíclicos) que durante el funcionamiento del lubricante, mediante la descomposición de los distintos componentes así como reacciones catalizadas por metales, incrementan su presencia en el aceite usado. Muchos de estos PHA's tienen un efecto marcadamente cancerígeno y plenamente demostrado, y de una forma u otra son arrojados a la atmósfera que respiramos.

Se han efectuado estudios para conocer la capacidad mutagénica del aceite de motor usado. Se ha detectado que el 70 % de estos efectos son causados por PHA's con más de tres anillos, esta fracción representa sólo el 1 % del volumen de un aceite usado. De esta fracción mutagénica el 18 % del efecto lo produce el benzo-a-pireno según IARC (*International Agency on Research for Cancer*). Se considera que el benzo-e-pireno, benzo-a-pireno, benzo-a-antraceno y el criseno tienen un elevado potencial carcinogénico. En los crudos de aceite mineral se han encontrado cantidades de benzo-a-pireno que oscilan entre 400 mg y 1,600 mg., por Kilogramo de aceite.

Los aceites tienen tendencia en acumularse en cualquier parte, todo el aceite que se pierde por las calles, montes, cuando llueve se arrastra a ríos, lagos, acumulándose en sus sedimentos.

También se produce una acumulación importante en la atmósfera que respiramos, pensemos por ejemplo que un motor de dos tiempos (motos, fueraborda, motosierras) expulsan aproximadamente con los gases, el 25 % del aceite lubricante que utilizan.

El 40 - 70 % de los PHA's que se emiten en los gases, proceden del aceite de motor, otro 30 - 60 % se origina en el proceso de combustión del combustible, la utilización de esteres sintéticos ayuda a reducir considerablemente estas emisiones. La tendencia lógicamente por los estudios que se realizan se encamina a la utilización de lubricantes sintéticos y aceites vegetales, que debido a su superior rendimiento frente a los minerales, precisan menor aditivación, pero lógicamente son más caros.

A continuación se citan algunos de los efectos de los componentes de aceite usado:

GASES que contienen aldehídos, cetonas, compuestos aromáticos, CO₂ son irritantes y actúan sobre el tejido respiratorio superior, ahogos, asma, bronquitis, efectos mutantes y cáncer.

Elementos como cloro NO₂, SH₂, Sb. (antimonio) Cr. (cromo) Ni (níquel) Cd. (cadmio) Mn. (manganeso) y Cu. (cobre) actúan sobre el tejido respiratorio superior y tejido pulmonar.

Otros elementos como CO, y disolventes halogenados producen:

Efectos asfixiantes, impiden el transporte de oxígeno y por tanto la respiración de las células del cuerpo humano.

Los disolventes halogenados tienen efectos anestésicos y narcóticos se acumulan en el hígado con posibles efectos cancerígenos.

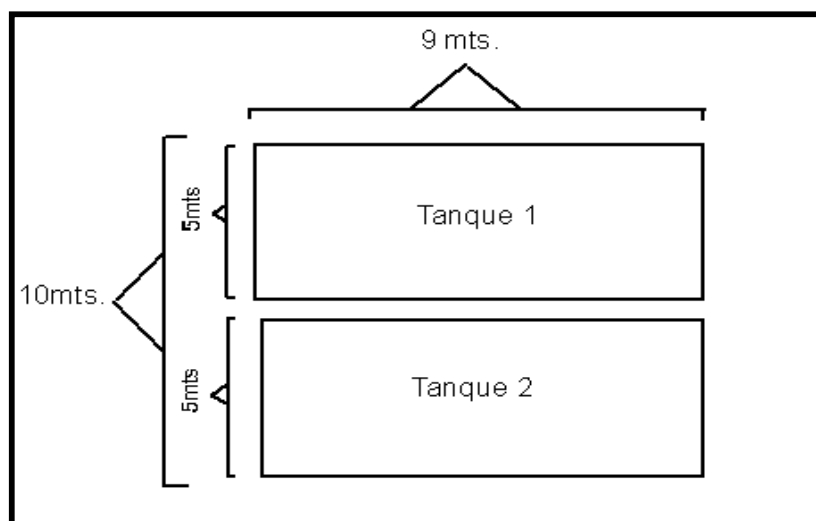
Lo que no se debe hacer con los lubricantes después de su utilización es, tirarlo en los drenajes ni a la basura ya que acabaría filtrándose a la tierra. También puede llegar a contaminar las aguas freáticas y el suministro de consumo humano. Un solo litro de aceite puede contaminar un millón de litros de agua potable.

Tampoco debe tirarlo al alcantarillado ni a la calle, ya que sería igual que tirarlo a un río o lago. Un solo litro de petróleo puede crear una mancha de una hectárea.

5.2 Causas y fuentes de la contaminación

El agua que se utiliza en la planta San Miguel, para el enfriamiento de los equipos se encuentra en circuito cerrado, es decir se reutiliza constantemente por medio de un sistema de retorno, en donde los tanques de retorno (figura 72) almacenan el agua ya utilizada y la envían a las torres de enfriamiento donde se procede a su utilización para los equipos que la necesiten.

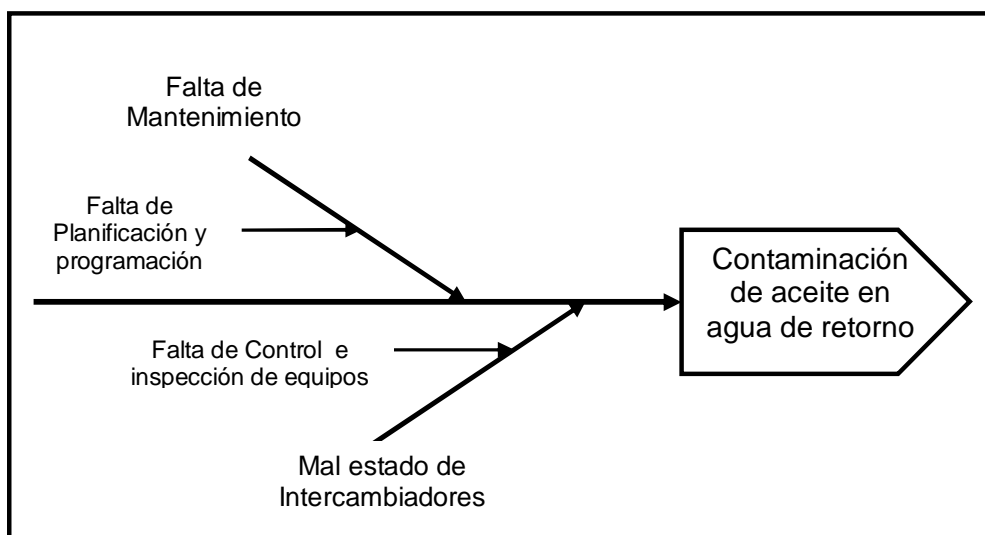
Figura 72. Tanques de agua de retorno para enfriamiento



Vista de los tanques de agua de retorno de la planta San Miguel con una profundidad de 5 mts.

Existe el problema de que con el tiempo está agua es contaminada por aceite de los equipos, especialmente en los intercambiadores de calor, este aceite es arrastrado y es depositado en los tanques de almacenamiento y el agua comienza a perder sus características. El problema radica en la eliminación del aceite del agua, para una correcta funcionalidad de la misma, se realizó el diagrama de causa y efecto (ver figura 73), para determinar el origen del problema y los factores que intervienen.

Figura 73. Diagrama de causa y efecto



En la contaminación del agua de retorno, intervienen dos categorías como se observa en el diagrama de causa y efecto, los intercambiadores de calor que por su mal estado, debido tanto al desgaste y en otras ocasiones por falta de mantenimiento ocasionan el arrastre del aceite de los equipos.

Se debe de programar el mantenimiento preventivo con el fin de obtener mayor eficiencia de los intercambiadores de calor y con ello evitar el arrastre de aceite. Así también reemplazar los intercambiadores que se encuentren en mal estado y proporcionar un monitoreo periódico de los mismos.

Entre las principales áreas donde contaminan los equipos se tienen:

- Molienda de harina
- Hornos
- Molino de cemento

5.3 Métodos de separación de aceite en agua

Muchos procesos industriales requieren el agua de proceso calentada o enfriada según sean los requerimientos de la industria, independientemente de esto se debe de analizar cuidadosamente los problemas que ocasionan a la industria las impurezas del agua.

No solo las sustancias disueltas presentes contribuyen a dañar el equipo industrial, interfieren con la transferencia de calor o reducen la calidad de los productos, sino también los sedimentos arrastrados por la erosión y la lama producida por innumerables microorganismos que proliferan en las aguas naturales. Incluso el oxígeno del aire, disuelto en el agua, acelera las fallas en las líneas de tuberías y en los equipos, provocando corrosión localizada.

Al preparar el agua de proceso, ciertos elementos se quitan para aumentar el funcionamiento del sistema, mientras que otras sustancias se agregan para mejorar la calidad del agua y para promover la eficacia del proceso.

La preparación de agua para uso industrial puede ser muy compleja o relativamente simple, dependiendo de las propiedades del agua y el grado de pureza requerido. Existen muchos métodos y combinaciones de ellos, clasificados en tratamiento físico, químico y fisicoquímico. Siendo éste último el recomendado ya que interactúan tanto aspectos físicos como los químicos.

A continuación se analizan los métodos de tratamiento de agua industrial.

5.3.1 Tratamiento físico

El tratamiento físico abarca los procesos donde las impurezas del agua son separadas, sin que se produzcan cambios en la composición de las sustancias. Los métodos más comunes son sedimentación, colado y filtrado, separación de fases líquidas múltiples, desgasificación y por último destilación y extracción.

5.3.1.1 Sedimentación

En el proceso de sedimentación se aprovecha la acción que ejerce la fuerza de la gravedad sobre las partículas más pesadas que el agua, que descienden depositándose sobre el fondo.

Las aguas superficiales contienen diferentes cantidades de materia en suspensión y este método se utiliza para clarificar el agua cruda, ya sea por sedimentación simple o mediante la adición de coagulantes químicos. Los recipientes donde se lleva a cabo este proceso se denominan tanques de sedimentación.

En el diseño de los tanques de sedimentación se toma en cuenta el tamaño, peso y forma de la partícula, así como su resistencia a la fricción y viscosidad.

5.3.1.2 Colado y filtrado

Los coladores y filtros pueden utilizarse cuando sea necesario eliminar sólidos suspendidos o flotantes en el agua, se utilizan cuando el espacio disponible no permite la instalación de depósitos de sedimentación.

Existen varios coladores de uso comercial, siendo los más comunes los de tela, malla metálica, tambor giratorio y disco giratorio.

Los filtros de tela y malla metálica se utilizan cuando los materiales suspendidos son relativamente finos y están en concentraciones bajas, si por el contrario se deben de separar partículas más gruesas es necesario utilizar los coladores de tambor giratorio o de disco.

5.3.1.3 Separación de fases líquidas y múltiples

Es la separación del agua de uno o más líquidos que, como resultado de las diferencias en su gravedad específica no forman una mezcla homogénea con el agua. En los embudos de separación de laboratorio se efectúan en pequeña escala separaciones por gravedad de este tipo y a escala comercial, se utiliza equipo especialmente diseñado. El separador de petróleo y agua, con que se procesa el agua de desecho de las refinerías es un claro ejemplo de la aplicación industrial de este proceso.

Muchas veces la diferencia entre las gravedades específicas de los líquidos no es grande y uno de ellos puede dispersarse en un estado globular finamente dividido. En estas circunstancias, las corrientes de convección pueden llegar a ser siempre tan fuertes que eviten el funcionamiento eficiente del equipo. Por lo tanto, siempre es conveniente minimizar las corrientes térmicas mediante el diseño cuidadoso de los sistemas de separación por gravedad.

Para evitar esto se instala antes de la unidad de tratamiento un depósito regulador, se logrará reducir al mínimo toda fluctuación que pueda perturbar el funcionamiento adecuado.

Cuando el valor del producto separado justifica la inversión, se utilizan equipos centrífugos. Una de las aplicaciones económicas de la separación de líquidos es el uso de un separador centrífugo para eliminar de los aceites lubricantes las trazas de agua y los sólidos suspendidos. Así se logra incrementar la fuerza diferencial de separación entre dos o más líquidos. El tamaño y la capacidad de los separadores centrífugos están determinados por la resistencia y el costo de los materiales de su construcción.

En esta separación se utiliza la flotación por medio de aire. El agua aceitosa se sujeta a una presión de 30 a 50 lb/pul² y se difunde aire dentro del líquido, inmediatamente antes de descargarlo al tanque de separación se alivia la presión. En este tanque las burbujas finas de aire se elevan a la superficie llevando las partículas de aceite y un desnatador giratorio recoge el aceite flotante que fluye por un canal colector hacia el tanque receptor.

En estos sistemas se obtiene con facilidad una separación del 90% en períodos de retención muy cortos, en ocasiones no mayores de 30 minutos.

5.3.1.4 Desgasificación

Es un proceso que consta en eliminar los gases indeseables disueltos en el agua por extracción mediante la desaeración o bien aereación físicas.

Esto se logra exponiendo grandes superficies de líquido a una fase de vapor deficiente en los compuestos que se desea suprimir, pueden eliminarse uno o más gases disueltos, entre ellos se tienen: oxígeno, bióxido de carbono, amoníaco o sulfuro de hidrógeno.

El equipo para desgasificación puede clasificarse como unidades de ebullición, de platos o goteo y de aspersion.

El equipo de ebullición hace burbujear un gas apropiado a través del líquido, durante el tiempo suficiente para cambiar el equilibrio de la presión del vapor y aumentar la superficie del líquido, su principal aplicación es para separar el bióxido de carbono y el oxígeno del agua en los precalentadores que alimentan a las calderas.

El equipo de platos o de goteo, grandes superficies de líquido se exponen a la presión de vapor deseada, haciendo fluir lentamente el agua sobre placas, canales, tiras angostas o material de empaque, de donde escurre, cayendo en forma de pequeñas gotas o de capas delgadas. Este método también se utiliza para la eliminación de oxígeno y bióxido de carbono en los precalentadores de las calderas.

Los desaeradores que funcionan por aspersion utilizan boquillas atomizadoras para dividir el agua en finas gotas, que se exponen a las condiciones deseadas de presión y vapor. Este equipo se utiliza en calentadores para calderas.

5.3.1.5 Destilación

La destilación es el método más antiguo para obtener agua pura de alta calidad. El proceso es puramente físico consta en la evaporación y condensación, pueden eliminarse casi totalmente tanto los sólidos disueltos como los suspendidos.

El equipo de destilación debe estar diseñado de manera que la eliminación de lodos e incrustaciones pueda hacerse con un mínimo de mano de obra.

Mediante la destilación fraccionada o múltiple se puede obtener agua destilada de una calidad extremadamente alta. En este proceso, parte del producto se condensa y escurre, lavando las sales y los sólidos que arrastra el vapor producido en el generador de vapor.

5.3.2 Tratamiento químico

El tratamiento químico es uno de los procesos en los que la separación de las impurezas del agua implica la alteración de la composición del material contaminante. Este tratamiento puede incluir operaciones de precipitación, intercambio de iones y reacción.

5.3.2.1 Precipitación

Esta se da cuando se añaden a una solución acuosa algunas sales solubles, parte de los iones libres pueden reaccionar para formar compuestos comparativamente insolubles.

El precipitado puede separarse por filtración o decantación del líquido claro después de que se ha asentado el precipitado, esta precipitación se produce de acuerdo con las leyes que rigen los pesos de combinación de los reactivos y sus productos de solubilidad.

5.3.2.2 Intercambio de iones

Este método se utiliza con frecuencia para eliminar cationes o aniones en el suministro de agua para los procesos especialmente en calderas.

Ciertas sustancias insolubles poseen la capacidad de intercambiar los iones enlazados en su estructura molecular con otros iones dentro del agua, los iones intercambiados se liberan por un proceso de regeneración de la resina de intercambio. Dependiendo de la naturaleza de la resina pueden intercambiarse iones de carga positiva o negativa.

La eliminación de lodos provenientes de un proceso de precipitación puede hacer que éste sea poco económico en comparación con el intercambio iónico. Por otro lado también representa un serio problema la eliminación del agua de desecho en el intercambio iónico.

5.3.2.3 Reacciones

El tercer método de los tratamientos del agua por medios químicos consiste en el secuestro de impurezas mediante la formación de complejos solubles.

En este método, ciertos iones normalmente positivos, tales como el calcio y el magnesio, reaccionan quedando firmemente sujetos dentro de un ion complejo negativo, de manera que la concentración de equilibrio del ion metálico es muy baja, pudiéndose reducir hasta un punto donde no se formen jabones insolubles.

Por lo general se requieren altas concentraciones secuestrantes para eliminar en forma eficaz concentraciones pequeñas de contaminantes y por tal razón resulta ser un proceso muy costoso y se utiliza principalmente como tratamiento complementario o final, después de que se ha eliminado la mayor parte de los constituyentes indeseables mediante otro método más económico.

5.3.3 Tratamiento fisicoquímico

Varios procesos importantes de tratamiento de agua dependen de la acción química y física combinadas, entre ellos se encuentran la coagulación, la absorción y la adsorción.

5.3.3.1 Coagulación

Este método permite que asienten con rapidez, los materiales suspendidos de tipo coloidal o finamente divididos se reúnan en partículas mayores denominadas coágulos o grumos, logrando su asentamiento.

Los coagulantes forman un precipitado floculento que tiene una enorme área de superficie por unidad de volumen. En este precipitado la materia suspendida del agua se separa gracias a los fenómenos de atracción electrofísica, adsorción, absorción y aglutinación física.

El coagulante debe dispersarse perfectamente dentro de la corriente que se va a tratar. Esto se logra mediante una cámara mezcladora de alta velocidad que tenga un tiempo de retención de 0.5 a 1 minuto. Después de la dispersión, los finos grumos formados deben aglomerarse y aumentar en volumen, lo que se logra por medio de una agitación leve. Si se utilizan aspas giratorias dentro de una cámara que proporcione un tiempo de retención de 40 a 60 minutos, se logrará que los grumos alcancen su máximo desarrollo, se asienten con suma rapidez y permitan la separación de un líquido que puede filtrarse.

5.3.3.2 Adsorción y absorción

Estos son métodos que permiten eliminar del agua el color, el sabor y los olores, donde se utilizan procesos de adsorción y absorción de materias orgánicas y coloidales, formándose precipitados floculentos de sedimentación más rápida.

Frecuentemente los olores, sabores y gases disueltos que contaminan el agua, se eliminan por adsorción mediante carbón activado. El material puede agregarse en forma de polvo a la corriente de alimentación de los filtros y eliminarse del lecho durante el retrolavado.

5.3.3.3 Filtros

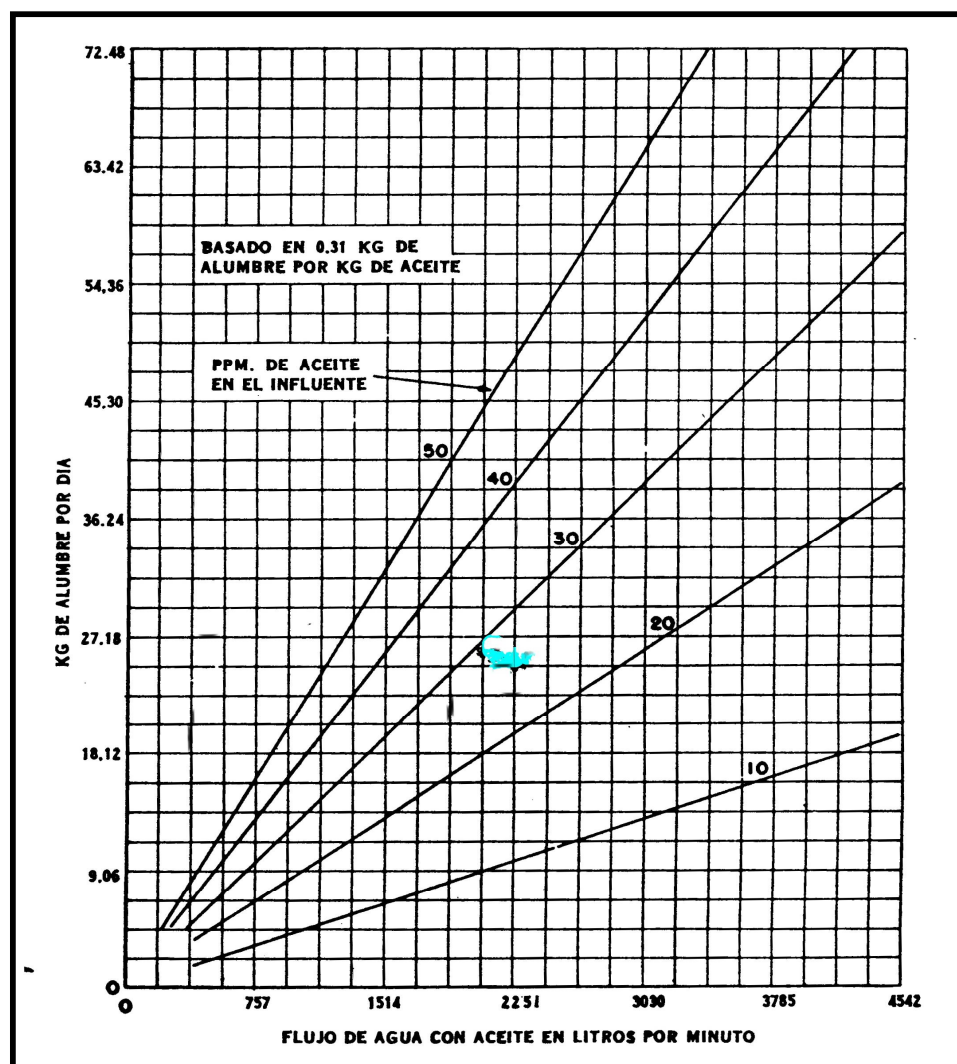
En la actualidad existen muchos tipos de filtros, entre ellos se encuentran los filtros para remoción de aceite con precapa de flóculos y está catalogado por sus características como un medio fisicoquímico.

El diseño de la mayoría de estos filtros es parecido a todos los filtros a presión, pero es indispensable colocar alguna forma de agitación del lecho filtrante para asegurar la limpieza adecuada de la unidad. Adicionalmente debe proporcionarse a los lechos un lavado cáustico para desprender el aceite que cubre los granos del material filtrante.

Se debe formar una precapa sobre la superficie del lecho mediante flóculos preformados químicamente. Estos flóculos previos se forman mediante la dosificación adecuada de soluciones de alumbre y álcali. La cantidad de flóculo empleado, depende de la cantidad de aceite u otro material contenido en el agua, la figura 74 proporciona las dosis de flóculo requeridas para tratar varias cantidades de agua con aceite.

Después de cada período de retrolavado y antes de poner las unidades de nuevo en servicio, la pasta de flóculos se bombea al filtro, de tal manera que cuando la unidad es puesta en servicio, el material floculento cubre el lecho y penetra en sus intersticios, previniendo el paso de aceite por la unidad. Después de haber formado la precapa de flóculos, el agua entrante se trata también con un coagulante para mantener la precapa de la superficie en condiciones adecuadas para lograr la remoción máxima del aceite contenido en el agua.

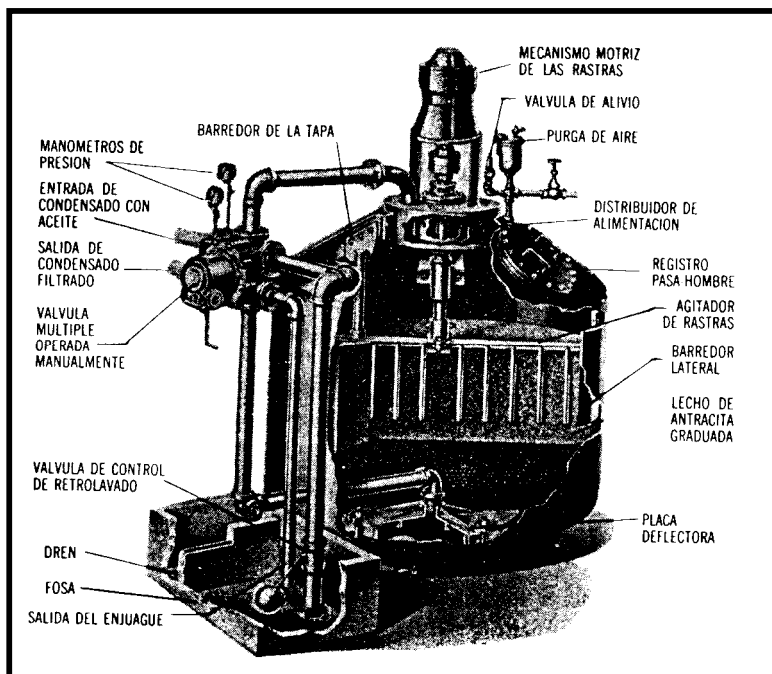
Figura 74. Alumbre total requerido para remoción de aceite en filtros con precapa



FUENTE: Sheppard Powell, *Acondicionamiento de aguas para la industria*, p. 83

La figura 75 muestra un corte de un filtro para remover aceite, mostrando la disposición de la arena, grava y un dispositivo de limpieza a base de rastras operadas por motor. En algunos casos las rastras se sustituyen por chorros de agua rotatorios.

Figura 75. Tipo de filtro a presión para remoción de aceite, equipado con rastras giratorias operadas mecánicamente para limpieza de la arena



FUENTE: Sheppard Powell, Acondicionamiento de aguas para la industria, p. 85

5.4 Efectos en el medio ambiente

Si no se recoge adecuadamente, el aceite usado causa graves problemas a nuestro entorno.

Si se arroja a la tierra el aceite usado, éste contienen una serie de hidrocarburos que son degradable biológicamente que destruyen el humus vegetal y acaban con la fertilidad del suelo.

El aceite usado contiene asimismo una serie de sustancias tóxicas como el plomo, el cadmio y compuestos de cloro, que contaminan gravemente las tierras. Su acción contaminadora se ve además reforzada por la acción de algunos aditivos que se le añaden y favorecen su penetración en el terreno, pudiendo ser contaminadas las aguas subterráneas.

Si el aceite usado se vierte a las aguas, directamente o por el alcantarillado, se estará causando un gran de deterioro ambiental. En el agua produce una película impermeable, que impide la adecuada oxigenación y que puede asfixiar a los seres vivos que allí habitan: un litro de aceite contamina un millón de litros de agua para el consumo humano. Asimismo, el aceite usado, por su bajo índice de biodegradabilidad, afecta gravemente a los tratamientos biológicos de las depuradoras de agua, llegando incluso a inhabilitarlos.

Es clara, entonces, la importancia de que la industria trate y recicle sus aguas residuales para disminuir su consumo y evitar las descargas de contaminantes al ambiente, ya sea al drenaje o a un cuerpo de agua. Muy frecuentemente, esto es técnica y económicamente factible y hasta puede ahorrar dinero a la empresa. De hecho, esa es la principal razón por la que algunas empresas ya reciclan su agua de proceso; si el agua no tiene costo o este es demasiado bajo, el usuario no la cuidará, en detrimento de todos los demás. El resultado es: altos consumos y descargas contaminantes.

Es importante tomar en cuenta algunos aspectos que rigen las leyes en Guatemala, establecidas por la ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, por las autoridades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales según Decreto Número 68-86, entre las cuales se tienen:

El artículo 1, de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente aclara que el estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

Artículo 8. Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notarias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la comisión del medio ambiente.

Artículo 11. La presente ley tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

Artículo 12. Son objetivos específicos de la ley, los siguientes:

- a. La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismos, y la restauración del medio ambiente en general.

- b. La prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que origine deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos, y excepcionalmente, la prohibición en casos que afecten la calidad de vida y el bien común, calificados así, previos dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos competentes.
- c. Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población.
- d. El diseño de la política ambiental y coadyuvar en la correcta ocupación del espacio.
- e. La creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente.
- f. El uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos.
- g. La promoción de tecnologías apropiadas y aprovechamiento de fuentes limpias para la obtención de energía.
- h. Salvar y restaurar aquellos cuerpos de agua que estén amenazados o en grave peligro de extinción.
- i. Cualesquiera otras actividades que se consideren necesarias para el logro de esta ley.

Artículo 13. Para los efectos de la presente ley, el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (rocas y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas), elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

Con lo que respecta al sistema hídrico se tiene el artículo 15 que dice lo siguiente:

El Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y las otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes para:

- a. Evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento, mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas.
- b. Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental.
- c. Revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos.
- d. Determinar técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente, receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua.
- e. Promover y fomentar la investigación y el análisis permanente de las aguas interiores, litorales y oceánicas, que constituyen la zona económica marítima de dominio exclusivo.

- f. Promover el uso integral y el manejo racional de cuencas hídricas, manantiales y fuentes de abastecimiento de aguas.
- g. Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.
- h. Propiciar en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para mantener la capacidad reguladora del clima en función de cantidad y calidad del agua.
- i. Velar por la conservación de la flora, principalmente los bosques, para el mantenimiento y el equilibrio del sistema hídrico, promoviendo la inmediata reforestación de las cuencas lacustres, de ríos y manantiales.
- j. Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala.
- k. Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica.

Después de conocer las leyes que rigen en Guatemala y los métodos de tratamientos de agua residuales es necesario establecer la mejor manera de purificar el agua de enfriamiento, con esto mejorar la calidad del agua y evitar alguna posible contaminación.

Los tratamientos físicos como el de colado y filtrado tienen como finalidad separar las sustancias en suspensión, tienen la ventaja de su fácil operación pero el inconveniente de poca efectividad en aguas muy saturadas o contaminadas.

Los tratamientos químicos como el de precipitación son muy utilizados por su gran capacidad de reaccionar ocasionando el precipitado, la desventaja que tienen es que es costoso y necesita de un método de filtrado o decantación para separarse del agua.

Finalmente, se propone el tratamiento fisicoquímico de filtración para remoción de aceite con precapa de flóculos, visto en la sección 5.3.3.3, tiene la ventaja de los tratamientos físicos y químicos, logrando una mayor eficacia de los tratamientos en la calidad del agua.

Ya que el agua que se utiliza para enfriamiento en planta San Miguel siempre se recicla y nunca es desechada, con el tratamiento de filtración fisicoquímico se mejorarán las propiedades de agua y permitirán un mejor enfriamiento de los equipos garantizando que en el caso de una fuga o descarga de agua, ésta no se encuentre contaminada.

CONCLUSIONES

1. Los planos de la red de aire comprimido fueron elaborados y entregados y se encuentran clasificados de la siguiente manera:
 - Plano general de la red, muestra la ubicación de la red de aire comprimido en toda la planta y cuando se encuentra en algún edificio de varios niveles solo se muestra el primer nivel.
 - Planos detallados por edificio como los mostrados en la sección 4.1, se encuentran impresos en hojas carta y colocados en orden de línea y de proceso.

2. El objetivo principal del manual de red de aire comprimido, es brindar la información necesaria para el correcto entendimiento de operación de los planos y las tarjetas de identificación TAG ϕ , y establecer el procedimiento de acuerdo a los libros de TAG ϕ que se encuentran en cada manual proporcionado a las diferentes áreas (servicios generales, control central y planificación).

Los aspectos que se deben de tomar en cuenta son:

6. Planos de red de aire comprimido.
7. TAG ϕ .
8. Libros de TAG ϕ .
9. Codificación.
10. Mantenimiento.

3. La capacitación fue proporcionada específicamente al mecánico a cargo de la rutina de mantenimiento de la red de aire comprimido, al jefe de servicios generales y a las personas de control central, ya que son las personas que tienen acceso a los planos y manejo de la red de aire.

En dicha capacitación se proporcionaron los manuales donde se presenta los planos de la red y el libro de TAG´S, se explicó el uso y los beneficios de su correcta utilización.

4. La red de aire comprimido actual, se encuentra compuesta en su mayoría por adaptaciones y ramales que han surgido por la necesidad de alimentar a los diferentes equipos neumáticos que se han instalado. En dicha, red se produce mucha pérdida de presión y para mejorar la red de aire comprimido actual se realizó un nuevo diseño de la red en el área de paletizadora, donde se determinó por medio del análisis de flujo de aire el diámetro óptimo de la tubería, dando como resultado una tubería de acero galvanizado cédula 40, y 1 ¼+ de diámetro. Esto con el fin de permitir la disminución de pérdidas de presión y el abastecimiento óptimo de aire comprimido para todos los equipos en la paletizadora.
5. La contaminación por aceite en el agua de retorno se debe al mal estado de los intercambiadores de calor en la planta, si se corrigen estos problemas se disminuirá en gran medida la cantidad de aceite, pudiendo utilizar un filtro para remoción de aceite, con dosificación de alumbre y álcali, para eliminar o retener los aceites o grasas aún presentes en el agua de retorno.

RECOMENDACIONES

Al departamento de mantenimiento mecánico

1. Implementar el mantenimiento a toda la red de aire comprimido en la planta, para esto se debe brindar más apoyo al departamento de servicios generales, ya que se obtendrá una mejora en la TRT lo cual será de beneficio para la planta en general.
2. Dar mantenimiento o cambiar los intercambiadores de calor que se encuentren en mal estado, en los equipos de las áreas de proceso donde se presenten mayores problemas de contaminación en el agua de retorno.

Al departamento de servicios generales

3. Actualizar constantemente los planos de la red de aire comprimido e informar de los cambios que se realicen en el mantenimiento de la red de la planta.
4. Cambiar las unidades de mantenimiento y los filtros de aire, ya que solo tienen 5 años de vida útil, y poder establecer el mantenimiento de los mismos y garantizar la calidad de aire comprimido

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.
Enrique Carnicer Royo. **Aire comprimido, teoría y cálculo de las instalaciones.** (España: Editorial Paraninfo S.A., 1991) p. 215.
2.
Edwin Rodas. Guía para el diseño del sistema de aire comprimido en una fábrica de jabón y detergente. (Tesis Ing. Mecánica. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 2000. p.3
3.
Heinz P. Bloch. **Guía práctica para la tecnología de los compresores.** (México: editorial McGraw-Hill, 1998) p.155.
4.
Holcim. Manual HAC códigos de activos Holcim. 1999.
5.
Camilo Botero. **Manual de mantenimiento.** (Colombia: editorial Sena, 1991) p. 9
6.
Cementos Progreso. **(Proceso de fabricación de cemento y cal.** <http://www.cementosprogreso.com> (21/07/2003)).

BIBLIOGRAFÍA

American society for testing and materials. **Manual de aguas para usos industriales**, tercera edición, México, editorial Limusa, 1991, 457pp.

Atlas Copco. **Manual de compresores**, Libro de instrucciones.1995.

Barrientos Rodríguez, Luis Alberto. Optimización del proceso en el departamento de doblado de la industria de fabricación de equipos de refrigeración comercial, Refrigeradores de Guatemala, S.A. Tesis Ing. Mec. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 272pp.

Botero G, Camilo. **Manual de mantenimiento**. Colombia, editorial Sena, 1991, 90pp.

Carboles Maeso, Marcial. **Manual de mecánica industrial, neumática e hidráulica** tomo II, Madrid: Editorial Cultural, S.A. 1999.

Carciner Royo, Enrique. **Teoría y cálculo de las instalaciones**. Madrid: editorial Paraninfo, S.A., 1991.

Cementos Progreso. **(Proceso de fabricación de cemento y cal.** <http://www.cementosprogreso.com> (14/07/2003)).

Cementos Progreso. **Manuales de equipos propiedad Cementos Progreso, S.A.**

Garza, Fernando y otros. **Enciclopedia de mantenimiento industrial**. 10 ed. México: Editorial Continental, S.A. de C.V. tomo 4, 1986.

Greene, Richard W. **Válvulas, selección, uso y mantenimiento**. México: Editorial McGraw Hill, 1990. 275pp.



Holcim. Manual HAC códigos de activos Holcim. 1999.

Majumdar, S.R. **Sistemas neumáticos, principios y mantenimiento.** Traducción al español por José Hernán Pérez Castellanos. México, D.F: Editorial McGraw.Hill Interamericana S.A. de C.V. 1998.

Monroy Gonzáles, Melvin Aman. Principios de instalaciones hidráulicas y neumáticas. Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1985. 154pp.

Powell, Sheppard T. **Acondicionamiento de aguas para la industria,** México, Ed. Limusa, 1979, 631 pp.

Rodas A., Edwin. Guía para el diseño del sistema de aire comprimido en una fábrica de jabón y detergente. Tesis Ing. Mec. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 95pp.

Severns, W. H., H.E Degler y J.C. Miles, **La producción de la energía mediante el vapor de agua, el aire y los gases.** 5ª. Edición, España: Ed. Reverté S.A., 1992, 503 pp.

Wark, Kenneth, **Termodinámica.** 5ª. Edición, Tr. José Luis Torres Vásquez, Carlos Manuel Sánchez Trujillo, México: Ed. McGraw-Hill, 1995, 923 pp.