



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA RED DE AIRE
COMPRIMIDO DE INDUSTRIAS CERESITA S.A.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROF. GUÍA: SR. FELIPE TIRADO DÍAZ

ANA ANDREA SOTO VÁSQUEZ

CURICÓ - CHILE
2005

RESUMEN EJECUTIVO

Industrias Ceresita S.A., empresa dedicada a la elaboración de pintura ha manifestado la necesidad de estudiar y rediseñar su *Red de Aire Comprimido*, la cual presenta ciertas anomalías, tales como:

- ◆ Humedad en el aire, la que ocasiona problemas en las máquinas neumáticas y en la calidad de la pintura a elaborar, a la vez que aumentan los costos de mantención en \$914.200, equivalentes a un 13%.
- ◆ En ocasiones se producen paros de producción, ya sea porque el caudal de aire o la presión no son suficientes para hacer funcionar las máquinas, lo que trae consigo un aumento de horas extras y el incremento en el consumo de energía.

Con la finalidad de resolver este problema se realizaron una serie de actividades que permitieron encontrar los siguientes resultados principales:

- ◆ Humedad de 0,0017 kg de vapor de agua/ kg de aire seco.
- ◆ Punto de rocío de 18,4°C.
- ◆ Pérdida por fugas igual a 4NI/s, equivalente a \$101.920 anuales.
- ◆ Pérdidas de carga de 4bar, equivalentes a \$ 985.640 anuales.
- ◆ Demanda de aire superior a la generada, igual a 19.447NI/min.

En base a estos resultados se diseñaron dos redes de aire, Red 1, que incluye a las Plantas de Pintura Decorativa e Industrial y a la Bodega de Materias Primas y Red 2, conformada por Plantas de Pintura en Polvo, Aerosol y Resina, así como también por Moda Color, Gas y Mantención, éstas son detalladas y presentados sus planos, costos y plan de implementación.

Se determinó que para implementar estas nuevas redes Industrias Ceresita S.A. debe invertir **\$33.703.803**, los cuales serán recuperados en 6 años.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINAS

CAPÍTULO 1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

1.1 Introducción	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Presentación de la empresa	4
1.4 Estructura Organizacional	5
1.5 Mercado de la empresa	6
1.6 Descripción de los Procesos Productivos	8
1.7 Descripción del Problema	12
1.8 Metodología de trabajo	13
1.9 Vías de Solución	15
1.10 Área de Investigación	16
1.11 Área de Estudio	16
1.12 Otros Interesados	16
1.13 Delimitación	16
1.14 Resultados Tangibles esperados	17

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción	19
2.2 Generación de aire comprimido.	20
2.3 Requerimientos de una red de aire comprimido.	23
2.4 Distribución del aire comprimido.	27
2.5 Preparación del aire comprimido.	44
2.6 Teoría de Costos Relevantes	57

CAPÍTULO 3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Introducción	60
3.2 Descripción de la situación actual	60
3.3 Conocer la red actual	62
3.4 Costos de Energía	87
3.5 Diagnóstico de la situación actual	91

CAPÍTULO 4 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

4.1 Rediseño de la red de aire comprimido	96
---	----

CAPÍTULO 5 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

5.1 Introducción	114
5.2 Plan de Implementación	114

CAPÍTULO 6 ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 Introducción	122
6.2 Situación actual	122
6.3 Situación con proyecto	125

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES

7.1 Conclusiones	138
------------------	-----

CAPÍTULO 8 BIBLIOGRAFÍA

ANEXO A	142
ANEXO B	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Organigrama Industria Ceresita S.A.	5
Figura 2	Organigrama área operaciones.	6
Figura 3	Participación de mercado.	7
Figura 4	Etapas de elaboración Pintura decorativa.	8
Figura 5	Etapas de elaboración Pintura Industrial y Barniz.	9
Figura 6	Etapas de elaboración Pintura Aerosol.	10
Figura 7	Etapas de elaboración Pintura en Polvo.	10
Figura 8	Compresor de tornillo rotativo.	21
Figura 9	Acumulador.	26
Figura 10	Clasificación de las tuberías en circuito abierto sin secador.	29
Figura 11	Clasificación de las tuberías en circuito cerrado.	30
Figura 12	Red de Distribución.	31
Figura 13	Bifurcación de línea secundaria a línea de servicio.	33
Figura 14	Cálculo de cuello de cisne	33
Figura 15	Diseño de la red en circuito cerrado o abierto.	35
Figura 16	Diseño de la red en circuito abierto.	37
Figura 17	Secado por absorción.	52
Figura 18	Secado por adsorción.	54
Figura 19	Secado por enfriamiento.	55
Figura 20	Filtro de aire con regulador de presión.	56
Figura 21	Purga Automática.	57
Figura 22	Etapas Construcción Red 1.	115
Figura 23	Etapas Construcción Red 2.	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Producción Mensual Industrias Ceresita S.A.	11
Tabla 2	Ejemplos de medidas cuellos de cisne.	34

Tabla 3	Longitudes equivalentes de accesorios.	44
Tabla 4	Antigüedad de máquinas.	61
Tabla 5	Cálculo de Caudal Permill 1.	62
Tabla 6	Datos para determinar caudal Cowle 1.	63
Tabla 7	Caudal Cowle 1.	63
Tabla 8	Caudal de aire requerido.	63
Tabla 9	Consumo de aire libre máquinas neumáticas.	70
Tabla 10	Generación de aire compresores.	71
Tabla 11	Elementos de tratamiento de aire con que cuentan las máquinas neumáticas.	73
Tabla 12	Cálculo de velocidad tubería principal sala de compresores.	78
Tabla 13	Cantidad de accesorios por planta.	79
Tabla 14	Pérdida de carga por tubería, sala de compresores.	83
Tabla 15	Pérdida de carga total por planta de producción.	83
Tabla 16	Factor kW/NI.	88
Tabla 17	Costo de producir 1NI de aire.	88
Tabla 18	Costo de generación de aire en un día de producción.	89
Tabla 19	Costo diario por pérdidas de carga.	90
Tabla 20	Características compresor GA 55.	97
Tabla 21	Caudal de aire libre requerido Red 1.	97
Tabla 22	Caudal de aire libre requerido Red 2.	98
Tabla 23	Principales características secador FX 13.	99
Tabla 24	Ejemplo cálculo de diámetro tuberías sala de compresores Red 1.	101
Tabla 25	Accesorios Red 1.	101
Tabla 26	Tuberías Red 1.	103
Tabla 27	Accesorios Red 2.	104
Tabla 28	Tuberías Red 2.	106
Tabla 29	Pérdida de carga y Potencia consumida Red 1.	108
Tabla 30	Pérdida de carga y Potencia consumida Red 2.	109
Tabla 31	Costo diario energía consumida nuevos diseños.	110

Tabla 32	Etapas construcción Red 1.	116
Tabla 33	Etapas construcción Red 2.	118
Tabla 34	Costo anual de mantención debido a humedad.	122
Tabla 35	Costo anual por pérdidas de carga.	123
Tabla 36	Costo anual por pérdidas de fuga.	123
Tabla 37	Costo anual energía compresores.	123
Tabla 38	Costo anual energía consumida compresores.	124
Tabla 39	Valor Secador de aire.	125
Tabla 40	Valor compresor.	125
Tabla 41	Valor tuberías Red 1.	126
Tabla 42	Valor tuberías Red 2.	126
Tabla 43	Valor accesorios Red 1.	128
Tabla 44	Valor accesorios Red 2.	129
Tabla 45	Valor filtro - regulador.	131
Tabla 46	Valor acumulador de aire.	132
Tabla 47	Valor purgas automáticas.	132
Tabla 48	Obtención factor kWh/NI	133
Tabla 49	Costo de energía por caudal de aire.	134
Tabla 50	Costo de energía en un día de producción.	134
Tabla 51	Costo de energía diario secador.	134

A mis padres, por su confianza y apoyo, sin los cuales este sueño no sería realidad.

A Marcelo, por su compañía, cariño y confianza en todos estos años...

...y a todos aquellos que me prestaron su ayuda para la realización de esta memoria y a lo largo de todo el proceso, que con ella, hoy culmina.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Este capítulo presenta las características más importantes de Industrias Ceresita S.A., tales como; historia, productos, niveles de producción, así como también la problemática a resolver. Además, se establecerán objetivos generales y específicos y se detallarán los resultados a obtener, por medio de la Metodología, los que otorgarán la solución al problema.

1.1. INTRODUCCIÓN

Industrias Ceresita S.A., considera necesario hacer una evaluación y una posterior mejora en su Red de Aire Comprimido, debido a que ésta ha provocado problemas en el normal y correcto funcionamiento de la producción de dicha empresa ya que nunca se ha realizado un estudio para elaborarla, ésta ha crecido de acuerdo a las necesidad de aumentar la producción o al utilizar una mayor cantidad de máquinas neumáticas.

Esta falta de estudio trae como consecuencia un exceso de costos de energía, mayor cantidad de fallas en las máquinas producto de la presencia de humedad excesiva en el aire y por ende, un aumento en los costos de mantención de la empresa.

Por tanto, esta memoria pretende entregar una solución a la problemática de Industrias Ceresita S.A., la que se orientará a elaborar un diseño de Red de Aire Comprimido que mejore la Red de Aire Comprimido actual. Con la finalidad de llegar a obtener este rediseño se han fijado objetivos generales y específicos, así como la metodología a seguir.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo General

“Elaborar propuesta de diseño para la red de aire comprimido de Industrias Ceresita S.A.”.

Objetivos Específicos

- ❖ Realizar diagnóstico de la situación actual de la Red de Aire Comprimido.

- ❖ Presentar propuesta de diseño de la Red de Aire Comprimido.

- ❖ Cuantificar los costos del nuevo diseño.

- ❖ Elaborar plan de implementación del diseño encontrado.

1.3. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

Industrias Ceresita S.A. cuyo rol es 91.666.000 – 6, tiene como giro la fabricación de pinturas. La empresa, que cuenta con una superficie equivalente a 16.000m² de construcción, está ubicada en Gabriel Palma #820, Comuna de Recoleta, posee una bodega de despacho ubicada en Lo Echevers #700, Quilicura, y agencias de ventas a lo largo de todo el país, ubicadas en: Arica, Iquique, Antofagasta, Caldera, Coquimbo, Valparaíso, Rancagua, Curicó, Concepción, Temuco y Puerto Montt. Posee una dotación de personal equivalente a 300 personas, pertenecientes a la planta ubicada en Recoleta, a la bodega de despacho y las agencias de ventas.

Industrias Ceresita S.A. fue fundada por inversionistas alemanes en 1933, pero en 1987, el grupo de la familia Izquierdo adquirió la compañía.

La empresa está enfocada al segmento ABC1 y C2, y es la marca más comprada habitualmente, con un 45,4%, según la encuesta Adimark de Septiembre de 2003, tiene una capacidad productiva de 600 mil galones mensuales, con ventas cercanas a los US\$450 mil en promedio mensual, y US\$4,5 millones anuales.

Además, cuenta con el apoyo de una licencia de la Compañía Multinacional **THE VALSPAR CORPORATION** en su línea **PACKAGING PRODUCTS**, la cual es líder a nivel mundial en revestimientos para envases, siendo el mercado principal el de la industria conservera, esto debido a la fabricación de barnices sanitarios por parte de la empresa. Por otro lado, Industrias Ceresita S.A. produce en Chile desde 1981, pinturas y revestimientos bajo licencia de **Jotun A/S**, empresa de origen Noruego, líder mundial en la protección de naves y de estructuras metálicas.

1.4. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional de la empresa es la siguiente:

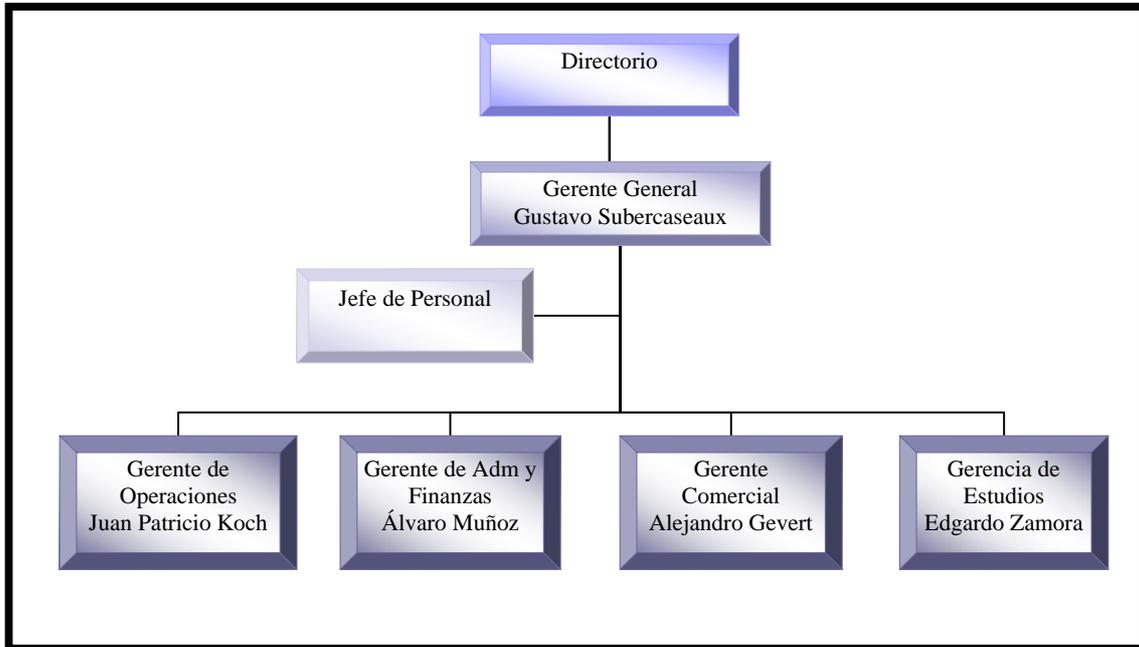


Figura 1, Organigrama Industrias Ceresita S.A.

Fuente: Industrias Ceresita S.A.

El área de operaciones, en la cual se encuentra la problemática a resolver, se muestra a continuación:

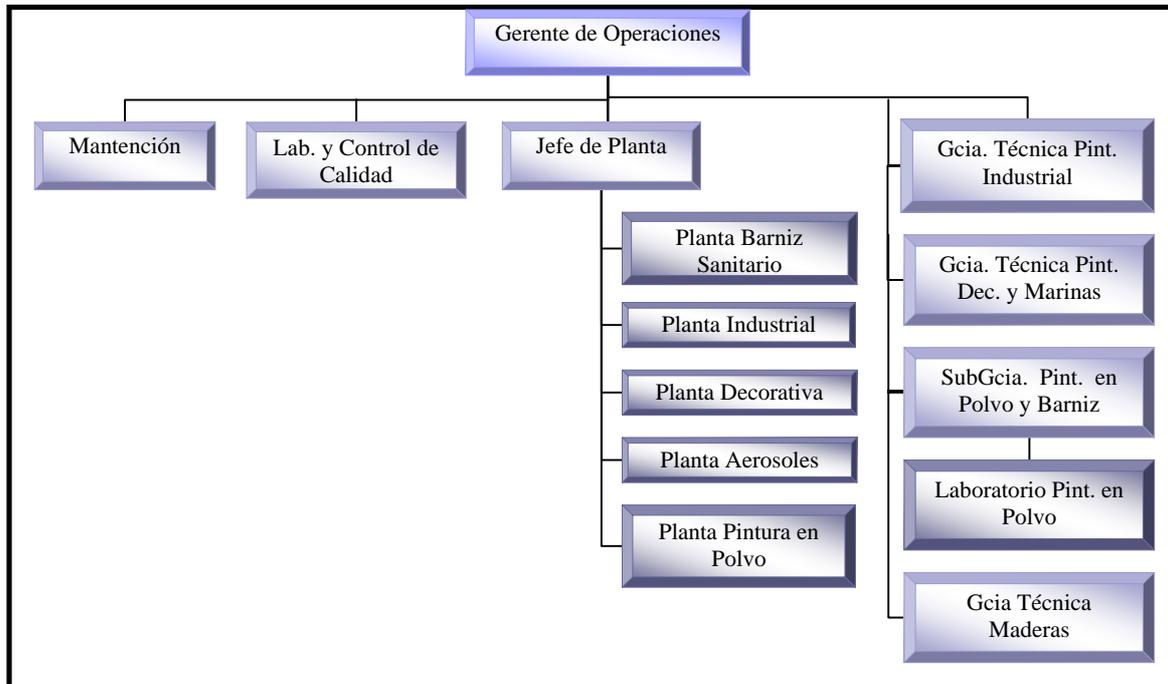


Figura 2, Organigrama Área de Operaciones.

Fuente: Industrias Ceresita S.A.

1.5. MERCADO DE LA EMPRESA

Industrias Ceresita S.A. sólo abastece al mercado nacional siendo los mostrados en el gráfico sus más cercanos competidores.

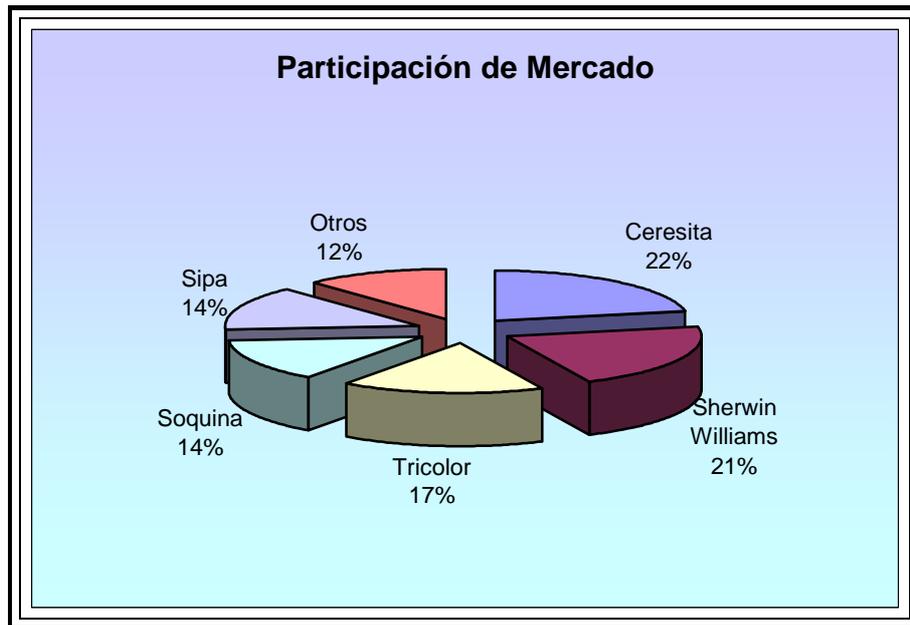


Figura 3, Participación de Mercado.

Fuente: Industrias Ceresita S.A.

Existen más de treinta empresas dedicadas a la fabricación de pinturas en base a solvente o agua. El mercado que atienden éstas empresas se encuentra principalmente en:

Sector Industrial:

- ❖ Industria automotriz y de transporte.
- ❖ Industria de electrodomésticos, artículos eléctricos / electrónicos.
- ❖ Industria de grifería y sanitarios.
- ❖ Industria de muebles.
- ❖ Industria de la construcción.

Sector doméstico (pinturas decorativas):

- ❖ Pinturas en base agua o solvente.
- ❖ Productos en pasta (masillas y pinturas en pastas texturales).
- ❖ Pinturas en Polvo.
- ❖ Resinas.
- ❖ Aditivos.
- ❖ Solventes.

1.6. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

A continuación se describirán los procesos de elaboración de cada planta de pintura:

1.6.1. Pintura Decorativa

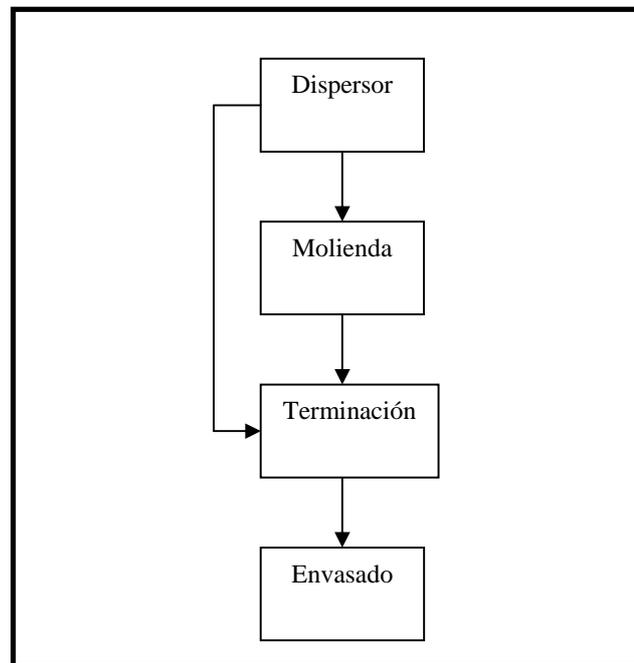


Figura 4, Etapas de elaboración Pintura decorativa.

Fuente: Industrias Ceresita S.A.

La **Pintura decorativa** está compuesta de agua, pigmentos, extensores de tiempo de secado (sustancias secantes), agentes dispersantes, preservantes, amoniacos, aminas, agentes antiespumantes y una emulsión de resina.

En la primera etapa, se adiciona al dispersor agua, amoniacos y agentes dispersantes, posteriormente se adicionan los pigmentos y agentes extensores.

Realizada la mezcla en el dispersor y dependiendo del tipo de pigmento, el material pasa a través de un equipo especial de molienda y luego pasa a la etapa de terminación donde se incorporan las resinas y los plastificantes, seguidos de preservantes y antiespumantes y finalmente la emulsión de resina.

Luego, se le agrega agua para lograr la consistencia deseada, se mezclan todos los ingredientes y el producto obtenido es filtrado para remover los pigmentos no dispersos, siendo posteriormente envasado y embalado.

Esta línea es la más importante a nivel de producción y es la única automatizada, contando con un software que maneja y controla las cantidades adicionadas así como la secuencia a seguir por las máquinas.

La pintura decorativa es usada principalmente para pintar los hogares.

1.6.2. Pintura Industrial y Barniz

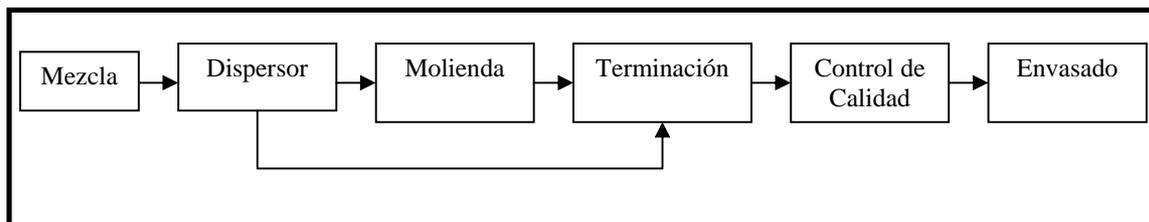


Figura 5, Etapas de elaboración Pintura Industrial y Barniz.

Fuente: Industrias Ceresita S.A.

Son dos líneas distintas, pero cuyo proceso de fabricación es el mismo, variando sólo el tipo de materia prima a utilizar.

Las **pinturas industriales** son utilizadas en barcos, autos, etc., la pintura barniz es usada en los tarros de conserva.

Estas pinturas, incluyen un solvente, pigmentos, resinas, sustancias secantes y agentes plastificantes.

Inicialmente se mezclan los pigmentos, resinas y agentes plastificantes, luego, se agrega tinte y solventes, pasan al dispersor, si es necesario al proceso de molienda y luego al proceso de terminación donde se le da la consistencia deseada, pasa por un control de calidad y si no cumple con los parámetros necesarios vuelve al proceso, si cumple, pasa a la zona de envasado y se almacena.

1.6.3. Pintura Aerosol

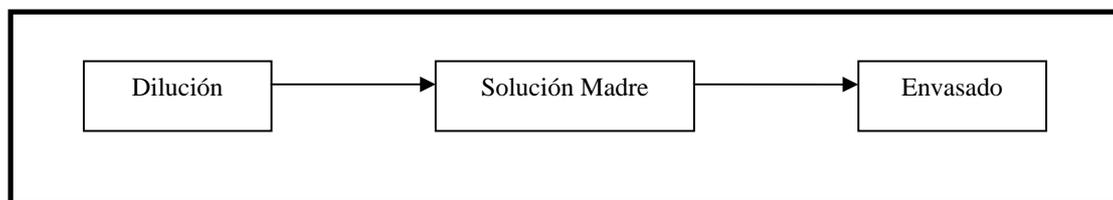


Figura 6, Etapas de elaboración Pintura Aerosol.

Fuente: Industrias Ceresita S.A.

Para elaborar la pintura en formato *aerosol*, se utiliza pintura de secado rápido, elaborada en la planta industrial, ésta pasa al proceso de dilución, donde se le agregan solventes aromáticos especiales; como tolueno y xileno, generándose así la solución madre que pasa al proceso de envasado, en el cual se agrega pintura, gas y una bolita de cristal al envase, posteriormente, el atomizador y la tapa.

1.6.4. Pintura en Polvo

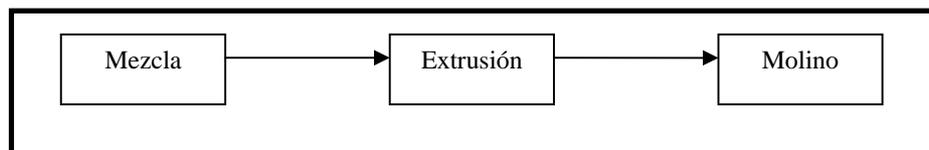


Figura 7, Etapas de elaboración Pintura en Polvo.

Fuente: Industrias Ceresita S.A.

Para producir *pintura en polvo* se mezclan resina, pigmento y aditivos, todos a una concentración del 100%, en este proceso no se agrega solvente. Luego, pasan al proceso de extrusión, el cual se encuentra a alrededor de los 100 a 120°C y produce una película, la que pasa al molino donde queda convertida en polvo. La *pintura en polvo* se utiliza para pintar electrodomésticos, es aplicada mediante un spray, adhiriéndose las partículas de polvo al metal por diferencia de potencial, luego pasa a un horno, el que se encuentra a aproximadamente 200°C.

Industrias Ceresita S.A. posee además otro producto, la elaboración de resinas, la que no es producida en la planta, por no estar ubicada en una zona industrial y ya que los solventes ocupados en su elaboración son considerados contaminantes y peligrosos para la comunidad por la entidad Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA), le encarga su fabricación a empresas Soquina.

1.6.5. Producción Mensual

En la tabla siguiente se puede observar la producción mensual y anual (en galones), para el año 2003, de cada uno de los productos elaborados por Industrias Ceresita S.A. y también la importancia, en lo que a nivel de producción se refiere, de la Pintura Decorativa.

Línea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Decorativa	451.572	274.804	283.474	301.537	169.625	148.490	232.945	236.728	283.370	361.950	286.697	323.149	3.354.341
Industrial	51.423	34.792	38.984	49.685	39.298	35.438	52.711	33.356	19.790	43.584	37.712	35.249	472.022
Barnices	5.063	7.039	3.098	5.101	6.505	11.454	9.531	9.143	6.890	2.728	2.115	8.676	77.343
Polvo	42.240	41.225	55.355	53.175	38.390	33.980	32.230	50.210	37.125	41.825	55.955	46.325	528.035
Aerosoles	82.367	40.464	55.266	60.876	30.222	47.670	58.122	53.095	64.182	74.574	58.980	62.338	688.156
													5.119.897

Tabla 1, Producción mensual, en galones.

Fuente: Archivo Producción año 2003, Industrias Ceresita S.A.

1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Industrias Ceresita S.A. considera que tiene un mal diseño de su Red de Aire Comprimido, debido principalmente a la falta de estudio y crecimiento inorgánico de acuerdo a las necesidades de la empresa.

Estos aspectos traen como consecuencia los siguientes problemas:

- ❖ La presión de trabajo disminuye cuando está el 100% de las máquinas funcionando.
- ❖ La Red de Aire Comprimido ha tenido un crecimiento inorgánico, producto del aumento en la producción.

La falta de solución al problema se traduce en:

- ❖ Paros de producción, puesto que, al funcionar muchas máquinas neumáticas (lo cual ocurre en la temporada de mayor demanda, desde Septiembre y durante la temporada de verano) la red actual no es capaz de suministrar la cantidad de aire necesario, por lo cual se debe esperar a que alguna de ellas deje de funcionar para así continuar la producción.
- ❖ Problemas en funcionamiento de equipos, como consecuencia de la humedad que el aire posee, problema detectado por el personal de mantenimiento, el cual al realizar la mantención de los cilindros neumáticos los han encontrado con óxido.
- ❖ Mayores costos de mantención, ya que la humedad en el aire hace necesario el cambio anual de filtros - reguladores – lubricadores, esta adquisición anual representa el 13% de los costos anuales de mantención.
- ❖ Altos costos de producción, la empresa desea disminuir los costos en consumo de energía, con el fin de disminuir los costos de producción, puesto que una red mal

diseñada, cuenta con pérdidas de carga y fugas, trae como consecuencia, que el compresor deba funcionar más horas de las necesarias, lo cual provoca un consumo de electricidad superior al debido y por ende un mayor costo de energía.

Este problema es importante que se resuelva para el área de producción, para cada una de las líneas de producción de la empresa, mencionadas anteriormente, la que poseen máquinas neumáticas que demandan aire para poder funcionar.

1.8. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología, pretende solucionar la problemática de Industrias Ceresita S.A., la cual está relacionada principalmente, con una red de aire comprimido que ha ido creciendo de acuerdo a las necesidades de la empresa y no ha contado con un estudio al respecto, por lo cual, la falta de dicho estudio tiene como consecuencia una red de aire comprimido con problemas, tales como: paros en la producción, al no poder abastecer a todas las máquinas en funcionamiento, y el aire que va desde los compresores hacia las máquinas lleva consigo demasiada humedad, la cual afecta al buen estado, funcionamiento y conservación de las mismas.

1.8.1. Introducción al tema.

- ❖ Estudiar la teoría de aire comprimido.
- ❖ Conocer las distintas máquinas neumáticas y accesorios propios de una red de aire comprimido.
- ❖ Estudiar teoría de costos relevantes.

1.8.2. Descripción de la situación actual.

- ❖ Conocer el proceso productivo de la empresa.
- ❖ Distribución de plantas y máquinas.

- ❖ Conocer cómo operan los trabajadores.
- ❖ Conocer estado de las máquinas.

1.8.3. Conocer la red actual.

- ❖ Averiguar la demanda de aire.
- ❖ Averiguar generación de aire.
- ❖ Conocer las máquinas neumáticas utilizadas en la red y sus especificaciones técnicas.
- ❖ Averiguar tipos de tuberías utilizadas en la red de aire comprimido.
- ❖ Identificar zonas de pérdidas de carga y fuga.
- ❖ Determinar humedad del aire.
- ❖ Distribución de la red.

1.8.4. Costos de Energía.

- ❖ Determinar consumo de energía de compresores.

1.8.5. Diagnóstico de la situación actual.

- ❖ Encontrar pérdidas de carga en la red de aire comprimido.
- ❖ Evaluación del diseño actual.
- ❖ Comparar la situación actual con lo estudiado.
- ❖ Encontrar falencias en la red de aire comprimido.
- ❖ Establecer diagnóstico de la red actual de aire comprimido.

1.8.6. Solución al problema.

1.8.6.1. Mejorar el diseño actual.

- ❖ Reducir pérdidas de carga y fuga.

- ❖ Reducir humedad del aire.

1.8.6.2. Evaluar costos de las alternativas de diseño.

- ❖ Encontrar costos de las soluciones propuestas de mejora.
- ❖ Comparar las propuestas de mejora y elegir la más adecuada.

1.8.7. Diseño de las propuestas.

- ❖ Elaborar planos de los nuevos diseños.

1.8.8. Elaboración de un plan de implementación.

- ❖ Crear un plan de implementación.
- ❖ Evaluar incidencia en el funcionamiento normal de la empresa.
- ❖ Estudio de costos jerarquizando etapas.
- ❖ Evaluar tiempos necesarios para cada etapa.

1.9. VÍAS DE SOLUCIÓN

El problema de la empresa se solucionará analizando la red de aire comprimido que la empresa posee actualmente, para así encontrar aquellos puntos en que ésta está fallando y presentar una propuesta de mejora de la misma, los pasos que se seguirán para elaborar el diagnóstico son detallados en la Metodología, y tienen como base la teoría mostrada en el Capítulo 2, correspondiente al Marco Teórico.

1.10. ÁREA DE INVESTIGACIÓN

La memoria se centrará en tres áreas principalmente:

- ❖ **Mecánica de Fluidos y teoría de aire comprimido:** con el fin de estudiar las propiedades del aire, su generación, requerimientos y accesorios necesarios para su distribución, así como los principales lugares dentro de la red donde se producen pérdidas de carga.

- ❖ **Evaluación de proyectos:** se estudiará dentro del área de la evaluación de proyectos la teoría relacionada con los costos relevantes, con el fin de evaluar el costo y la inversión del nuevo diseño.

1.11. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio serían las 5 plantas de producción detalladas en la sección 1.6.

1.12. OTROS INTERESADOS

Los interesados podrían ser empresas que utilizan aire comprimido y que no poseen el conocimiento necesario para elaborar dicha red, por lo cual, esta memoria les presenta aquellos aspectos fundamentales que dichas redes deben cumplir para funcionar correctamente.

1.13. DELIMITACIÓN

La memoria sólo se enfocará en solucionar los problemas actuales de la Red de Aire Comprimido de Industrias Ceresita S.A., y de presentar el rediseño de dicha red.

1.14. RESULTADOS TANGIBLES ESPERADOS

- ❖ Análisis económico del estudio, mediante costos relevantes.

- ❖ Planos con el diseño de la propuesta elaborada para la Red de Aire Comprimido.

- ❖ Plan de implementación del diseño elaborado.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se muestra la teoría del aire comprimido a utilizar, dando a conocer los aspectos más relevantes de la generación, distribución y tratamiento del aire.

2.1. INTRODUCCIÓN

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado.

Se llama *compresor* a toda máquina que impulsa aire, gases o vapores, ejerciendo influencia sobre las condiciones de presión.

Entonces, no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para las instalaciones a través de tuberías.

El aire, tal y como sale del compresor, es prácticamente inutilizable, ya que lleva en suspensión impurezas atmosféricas, agua y restos de aceite, además de obtenerse a alta temperatura debido al proceso de compresión. Ello significa que en el grupo de producción deben estar presentes también otros componentes auxiliares que hagan, con su presencia, que el aire pueda ser utilizado sin problemas en los diferentes consumidores.

Antes de ser conducido a las canalizaciones finales, el aire comprimido es almacenado en depósitos y acumuladores que, además de asegurar un cierto abastecimiento, eliminan las fluctuaciones de presión que se producen, tanto en los compresores, como en las máquinas de concepción neumática.

Aunque las tendencias modernas se inclinan hacia la posibilidad de utilizar aire no lubricado en los circuitos, todavía predomina y, posiblemente durante cierto tiempo, el aire con un tratamiento final en la entrada de los circuitos, como filtrado de impurezas, decantado del agua en suspensión y lubricado mediante partículas de aceite finamente dispersas en el seno del mismo.

A continuación se dará a conocer aquellos aspectos más relevantes de la generación, distribución y requerimientos de una Red de Aire Comprimido.

2.2. GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Compresores o generadores de aire comprimido

Los compresores son los componentes principales de la producción de aire comprimido. Se montan en un recinto especialmente acondicionado, aunque el uso cada vez más frecuente de compresores sofisticados y silenciosos dan mayor flexibilidad a la instalación. El ruido ya no representa un problema, y además, el propio equipo del compresor integra refrigeradores tanto para el aire comprimido, como para el aceite refrigerador de la cámara de compresión.

Las características fundamentales de un compresor son el caudal suministrado y la presión. Estas características se facilitan en condiciones de aire a la presión atmosférica y temperatura normal.

El caudal suministrado por el compresor debe adaptarse al consumo general de los diferentes elementos de trabajo de la planta. En cuanto a las presiones obtenidas, éstas son variables y dependen del tipo de compresor y, a veces, de las etapas de compresión. Con una sola etapa se obtienen presiones más bajas, y con dos, las más altas. En cualquier caso y para un uso industrial medio, en los elementos consumidores es preciso alcanzar una presión mínima garantizada de 6bar.

La empresa posee en su red de aire dos compresores de tornillo (ver Anexo A) por ello se detallará sólo este tipo de compresor.

Compresor de Tornillo rotativo

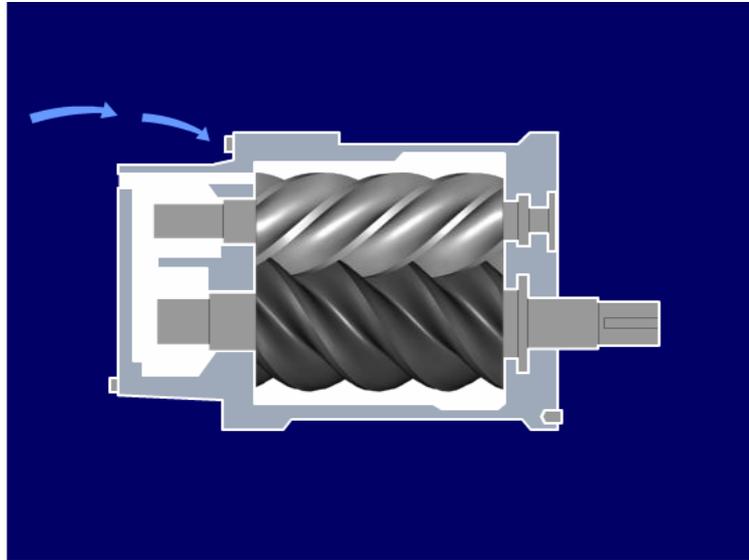


Figura 8, Compresor de Tornillo rotativo.

Principios de funcionamiento de un compresor de tornillo rotatorio

El compresor de tornillo es un compresor de desplazamiento con pistones en un formato de tornillo; éste es el tipo de compresor predominante en uso en la actualidad. Las piezas principales del elemento de compresión de tornillo comprenden rotores machos y hembras que se mueven unos hacia otros mientras se reduce el volumen entre ellos y el alojamiento, lo que comprime el aire. La relación de presión de un tornillo depende de la longitud y perfil de dicho tornillo y de la forma del puerto de descarga.

El tornillo no está equipado con ninguna válvula y no existen fuerzas mecánicas para crear ningún desequilibrio. Por lo tanto, puede trabajar a altas velocidades de eje y combinar un gran caudal con unas dimensiones exteriores reducidas.

El compresor de Tornillo es el que usa la empresa para abastecer de aire comprimido a sus máquinas, la ventaja de éste en relación a los otros tipos de compresores existentes es que proporciona un flujo continuo de aire, debido a sus helicoidales, y éste llega a las máquinas casi totalmente libre de aceite.

Capacidades de compresión:

El compresor de tornillo opera entre 4 y 250kW, produciendo presiones de trabajo de 5 a 13bar (72 a 188psi).

Tipos característicos de aplicaciones:

Comestibles y bebidas, elaboración militar, aeroespacial, automatización industrial, electrónica, fabricación, petroquímica médica, hospitales, farmacéutica, aire para instrumentos.

Cabe mencionar que el caudal de aire que consumen las máquinas como el que genera el compresor será expresado y medido en NI/min, éste se refiere a *aire libre por minuto*, aire atmosférico a la presión y temperatura normales, las condiciones normales usadas son las correspondientes a la norma C.E.T.O.P¹. RP – 44P, que propone como condiciones atmosféricas normales las que están especificadas en la ISO R 554, y que corresponden a la temperatura de 20°C a la presión de 1,013bar y con una humedad relativa de 65%. La ventaja de utilizar aire libre en reemplazo de aire comprimido es garantizar que el caudal especificado es realmente lo que dicha máquina necesita, o en el caso del compresor genera, a una determinada condición de presión y temperatura, lo que hace que el caudal sea independiente de las condiciones atmosféricas existentes, por lo tanto, todos los caudales deben estar expresados en aire libre, si se encontraran en aire comprimido se puede hacer la transformación utilizando la siguiente expresión: [1]

$$Q_{al} = \frac{Q_{ac} * (P + 1,013)}{1,013} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q_{al} = litros de aire libre por minuto.

Q_{ac} = litros de aire comprimido por minuto.

¹ C.E.T.O.P: Comité Europeo de las Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas.

P = presión del aire comprimido en bar manométrico.

Para determinar la capacidad del compresor necesaria para alimentar una herramienta, máquina o un grupo de accionamientos neumáticos, es necesario tener en cuenta los siguientes datos: [1]

- **Consumo específico:** se refiere al consumo de aire requerido por una herramienta, para el servicio continuo a la presión de trabajo dada por el fabricante. Este consumo es expresado en aire libre (NI/min o Nm³/min).
- **Coefficiente de utilización:** margen de operación intermitente o factor de servicio, el cual indica el tiempo en que el componente neumático está parado.
- **Coefficiente de simultaneidad:** promedio de los coeficientes de utilización de cada herramienta neumática utilizada en la industria. Este coeficiente se multiplica por el consumo de aire total de las máquinas, entregando así el consumo de aire real según el tiempo que cada máquina se está utilizando.

Por lo tanto, para determinar la capacidad de los compresores, se partirá conociendo el consumo total de la planta, al cual habrá que añadirle un 10% por pérdidas de aire admisibles por fugas, así como sumarle un 20% para prever posibles ampliaciones.[1]

2.3. REQUERIMIENTOS DE UNA RED DE AIRE COMPRIMIDO

El grado de pureza del aire comprimido puede ser decisivo para el correcto funcionamiento de los dispositivos neumáticos. Los componentes que se utilizan, ya sean válvulas, cilindros, reguladores, etc., hacen que su duración y buen funcionamiento cotidiano, dependan de la calidad de dicho fluido. Para obtener un cierto grado de calidad, es preciso dotar al compresor de una serie de elementos que filtren al aire de impurezas, lo enfríen y después liberen de alguna forma el aire que contiene.

En general estos elementos son:

- ❖ Depósito de aire o acumulador.
- ❖ Secadores o deshumidificadores.
- ❖ Purgadores.
- ❖ Filtros, reguladores, lubricadores (FRL).

Una vez que el aire sale del compresor es enfriado por aire o por intercambiadores de calor, hasta que finalmente un decantador de humedad se encarga de separar el agua que posee.

Pero el proceso de purificación del aire no termina ahí, sino que sigue a lo largo de la instalación, y hasta el propio punto de consumo. En los equipos neumáticos convencionales, el pequeño porcentaje de aceite que posee el aire no representa problema alguno. Lo que si representa un problema, y muy grave, el porcentaje de agua que el aire contiene y que no ha sido totalmente eliminada en esta primera etapa. Para eliminar el agua restante se instalan en el fondo de los depósitos y acumuladores intermedios, llaves de purga, además de colectores de condensación en determinados puntos de la red de distribución.

Finalmente y en la entrada del fluido hacia la máquina, se monta todavía un grupo de tamaño reducido que purifica el aire definitivamente, filtrándolo nuevamente y eliminando la humedad que todavía contiene, además de lubricarlo deliberadamente con aceite especialmente preparado para este fin.

2.3.1. Depósito de aire o acumulador

Toda instalación de aire comprimido, dispone de un depósito de aire a presión entre el compresor y la red de distribución.

Recibe el nombre de depósito el elemento principal de almacenaje de aire a presión, situado cerca de los componentes o generadores de aire a presión.

El depósito de aire cumple varias funciones en la red de abastecimiento: en caso de fallar el fluido eléctrico, o bien con objeto de evitar los arranques frecuentes

del motor del compresor, los depósitos deben acumular gran cantidad de aire a presión capaz de mantener durante un cierto tiempo en marcha, los equipos neumáticos.

Sus funciones son las siguientes:

- ❖ Amortiguar las pulsaciones del caudal de salida del aire descargado por los compresores alternativos.
- ❖ Actuar de distanciador de los períodos de regulación.
- ❖ Hacer frente a las demandas puntas de caudal sin que se provoquen caídas de presión.
- ❖ Adaptar el caudal de salida del compresor al consumo de aire en la red.
- ❖ Gracias a la gran superficie del acumulador, el aire se refrigera adicionalmente. Por este motivo, en el acumulador se desprende directamente una parte de la humedad del aire en forma de agua. Para ello, deben ser instalados en zonas protegidas del sol y perfectamente ventiladas. En el fondo de los depósitos se montan también llaves de purga, que de una forma manual o automática, evacuan el agua de condensación producida en su interior.

El acumulador lleva una serie de accesorios obligatorios:

- ❖ Válvula de seguridad, capaz de evacuar el 110 % del caudal del compresor.
- ❖ Manómetro.
- ❖ Purgas.
- ❖ Abertura para limpieza.

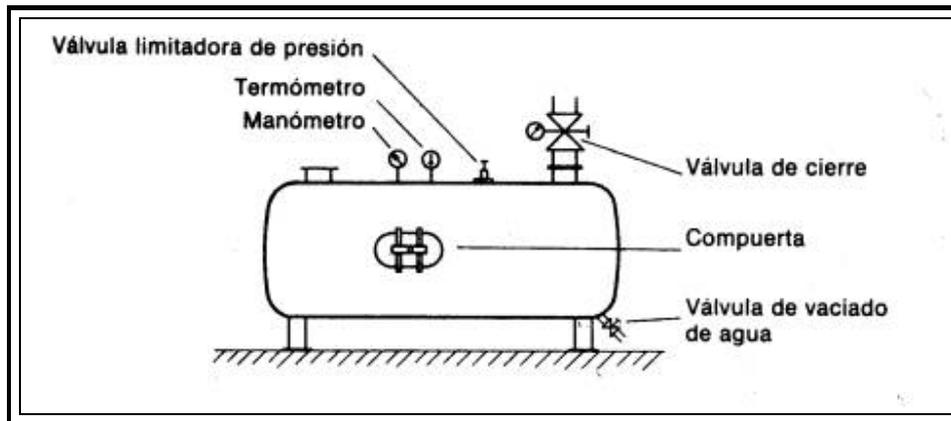


Figura 9, Acumulador.

La capacidad del depósito de aire comprimido está determinada por el caudal del compresor, sin embargo, el sistema de descarga del compresor es frecuentemente el factor determinante para calcular el límite inferior de la capacidad del depósito. Si funciona a intervalos muy frecuentes se descargará rápidamente, y por otro lado, resultarán variaciones de carga demasiado frecuentes en la instalación eléctrica.

Por lo tanto, la capacidad del depósito está determinada según el tipo de regulación y puede calcularse mediante las siguientes fórmulas: [1]

- Para regulación con válvula piloto:

$$V \geq 30 * P$$

Ecuación 2

- Para regulación automática con presostato:

$$V \geq 35 * P$$

Ecuación 3

- Para regulación automática con presostato y contactor:

$$V \geq 40 * P$$

Ecuación 4

- Para **regulación automática con presostato y arrancador estrella - triángulo:**

$$V \geq 75 * P$$

Ecuación 5

Siendo:

-V , el volumen en litros del depósito.

-P, la potencia del compresor en CV.

El tamaño del depósito principal depende de la capacidad del compresor y del consumo general en la planta. Tanto la capacidad del compresor, como la del depósito, deben ser calculadas con cierta generosidad para poder abastecer posibles ampliaciones en cuanto a equipos y máquinas neumáticas se refiere. Este grado de generosidad debe ser más acentuado en el depósito, ya que con un depósito mayor, y si se cuidan las fugas de las tuberías, el compresor funcionará con menor frecuencia.

En cuanto a los acumuladores intermedios, éstos son pequeños depósitos de aire a presión instalados en la red general y que cumplen, como se ha dicho, una función similar a la del depósito principal. Instalados en la zona de los consumidores ayudan a compensar las fluctuaciones de presión de los actuadores neumáticos, a la vez que garantizan una cierta reserva de aire y sirven también como elementos separadores de humedad del mismo.

2.4. DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

Antes de profundizar en el tema de la distribución de aire comprimido se definirá primero que se entiende por **Red de aire comprimido**:

Se entiende por **red de aire comprimido** al conjunto de todas las tuberías que parten desde el depósito, fijamente unidas entre sí y que conducen el aire comprimido a los puntos de toma para los equipos consumidores individuales. Los criterios principales de una red son la velocidad de circulación y la caída de presión en las tuberías.

Como resultado de la racionalización y automatización de los dispositivos de fabricación, las empresas precisan continuamente una mayor cantidad de aire. Cada máquina y mecanismo necesita una determinada cantidad de aire, siendo abastecido por un compresor, a través de una red de tuberías. En la planificación de instalaciones nuevas debe preverse una futura ampliación de la demanda de aire, por cuyo motivo deberán dimensionarse generosamente las tuberías. El montaje posterior de una red más amplia significa incurrir en costos más elevados.

2.4.1. Tendido de la red

Se pueden considerar tres tipos de tuberías: [2]

- **Tubería principal, o colector general.**
- **Tuberías secundarias.**
- **Tuberías de servicio.**

La *tubería principal* es la que sale del acumulador, y canaliza la totalidad del caudal de aire. Deben tener el mayor diámetro posible. La velocidad máxima del aire que pasa por ella, no debe sobrepasar los 8m/s.

Las *tuberías secundarias* toman el aire de la tubería principal, ramificándose por las zonas de trabajo, de las cuales salen las tuberías de servicio. El caudal que pasa por ellas, es igual a la suma del caudal de todos los puntos de consumo. La velocidad del aire que pasa por ella, debe encontrarse entre 10 a 15m/s.

Las *tuberías de servicio* son las que alimentan los equipos neumáticos. Llevan acoplamientos de cierre rápido, e incluyen las mangueras de aire y los grupos filtro - regulador – lubricador. La velocidad máxima recomendada está comprendida entre 15 a 20m/s. Se deben evitar tuberías de diámetro inferior a 1/2”, ya que se pueden cegar.

En las siguientes figuras se muestra esta clasificación:

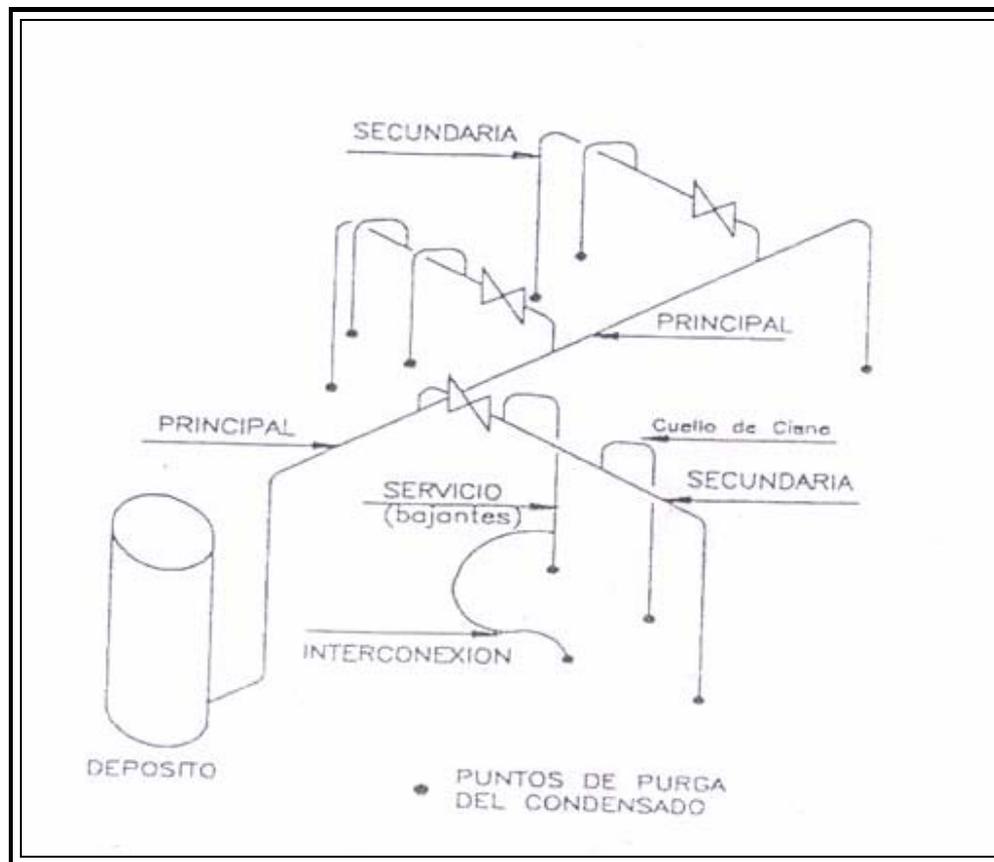


Figura 10, Clasificación de tuberías en circuito abierto, sin secador.
Fuente: Manual de Neumática Básica, SIMMA.

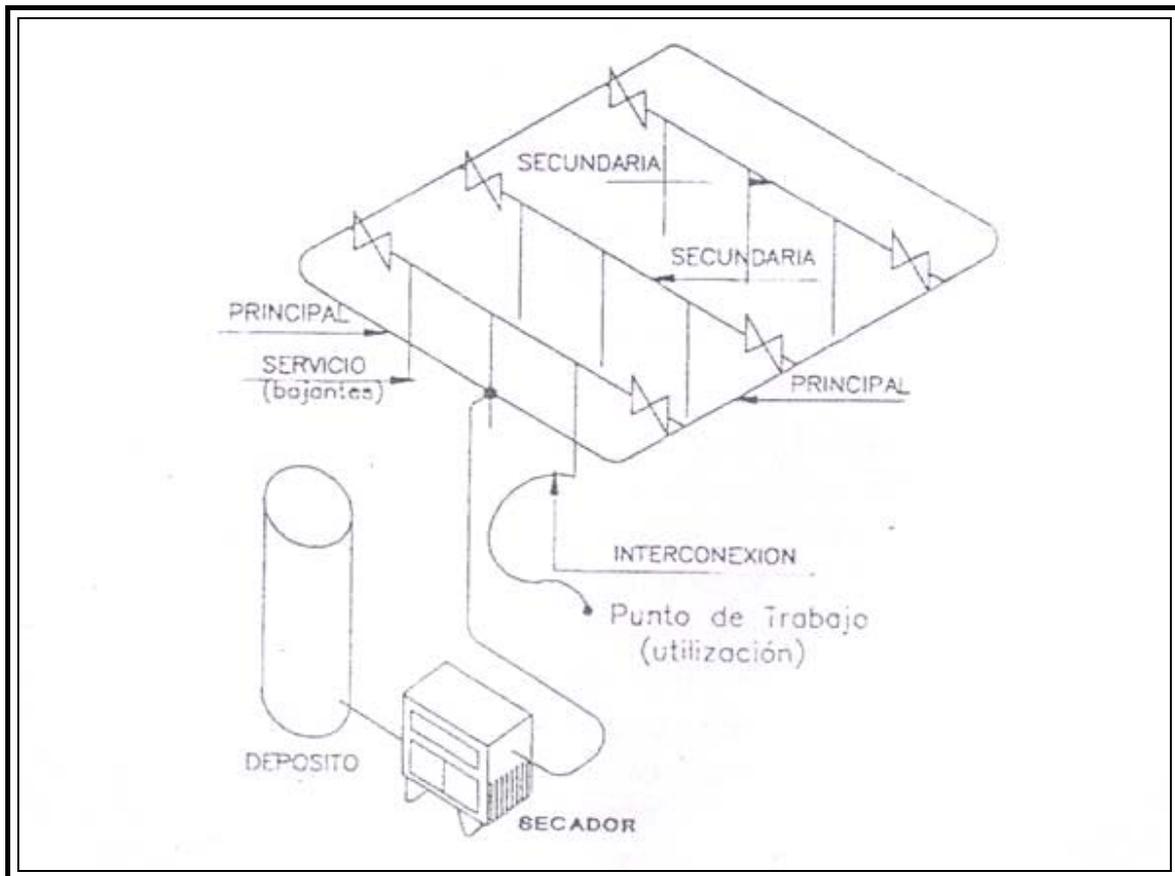


Figura 11. Clasificación de tuberías en circuito cerrado, con secador.

Fuente: Manual de Neumática Básica, SIMMA.

Como se observa en las figuras 10 y 11; desde el compresor se crea una red principal que se distribuye por toda la fábrica. Desde esta conducción principal de mayor diámetro situada en la parte alta de la planta, se toman las derivaciones o conducciones secundarias que distribuirán el aire hasta los diversos consumidores. Unas y otras tuberías son de acero, y se unen entre sí mediante racores de diversos tipos. Como cualquier otra conducción de fluidos, deben evitarse en lo posible cambios bruscos en la sección de la tubería, codos cerrados y cualquier elemento que contribuya en exceso a aumentar la caída de presión.

En la figura 12, mostrada a continuación, se muestra una red de distribución convencional. El aire llega del depósito y se reparte a través de la red principal hacia toda la planta, formando un rectángulo sobre el que se hacen comunicaciones

transversales de forma tal, que el aire se reparta uniformemente sobre toda esta red primaria. En estas conducciones y en los esquemas de la red rectangular, se han montado acumuladores intermedios con el correspondiente purgador para el agua proveniente de la condensación del vapor de agua presente en el aire. Desde estos tubos, o bien desde las conducciones transversales, se derivan las conexiones que abastecerán a los consumidores; como puede apreciarse, en estas bajantes se han instalado colectores de condensación con llave de purga y un nuevo acumulador final, desde el cual partirá el último tramo de tubería hacia las zonas de trabajo. Además, se puede observar la pendiente de 3% que deben tener las tuberías para eliminar el condensado que trasladan e impedir que llegue a las máquinas. [6]

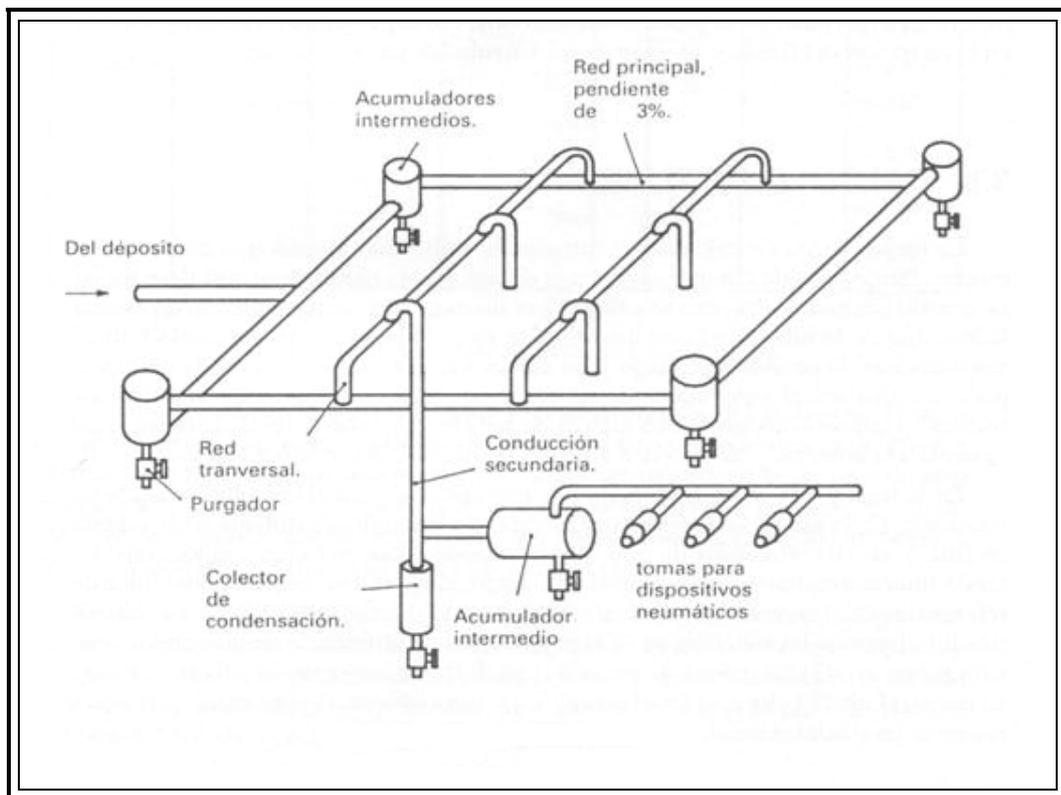


Figura 12, Red de Distribución.

Fuente: Neumática, A. Serrano Nicolás.

El trazado de la red de distribución se realizará considerando: [2]

1. Ubicación de los puntos de consumo.
2. Ubicación de las máquinas.
3. Configuración del edificio.
4. Actividades dentro de la planta industrial.

Debiendo tener en cuenta los siguientes principios:

- a) Trazado de la tubería de modo de elegir los recorridos más cortos y tratando que en general sea lo más recta posible, evitando los cambios bruscos de dirección, las reducciones de sección, las curvas, piezas en T, etc., con el objeto de producir una menor pérdida de carga.
- b) En lo posible tratar que el montaje de la misma sea aéreo, esto facilita la inspección y el mantenimiento. Evitar las tuberías subterráneas, pues no son prácticas en ningún sentido.
- c) En el montaje contemplar que puedan desarrollarse variaciones de longitud producidas por dilatación térmica, sin deformaciones ni tensiones.
- d) Evitar que la tubería se entremezcle con conducciones eléctricas, de vapor, gas u otras.
- e) Dimensionar generosamente las mismas para atender a una futura demanda sin excesiva pérdida de carga.
- f) Inclinarse ligeramente 3% en el sentido del flujo del aire y colocar en los extremos bajos, ramales de bajada con purga manual o automática. Esto evita la acumulación de condensado en las líneas.

- g) Colocar válvulas de paso en los ramales principales y secundarios. Esto facilita la reparación y mantenimiento sin poner fuera de servicio toda la instalación.
- h) Las tomas de servicio o bajantes nunca deben hacerse desde la parte inferior de la tubería (la figura 13b) sino por la parte superior (figura 13 a) a fin de evitar que los condensados puedan ser recogidos por éstas y llevados a los equipos neumáticos conectados a la misma.

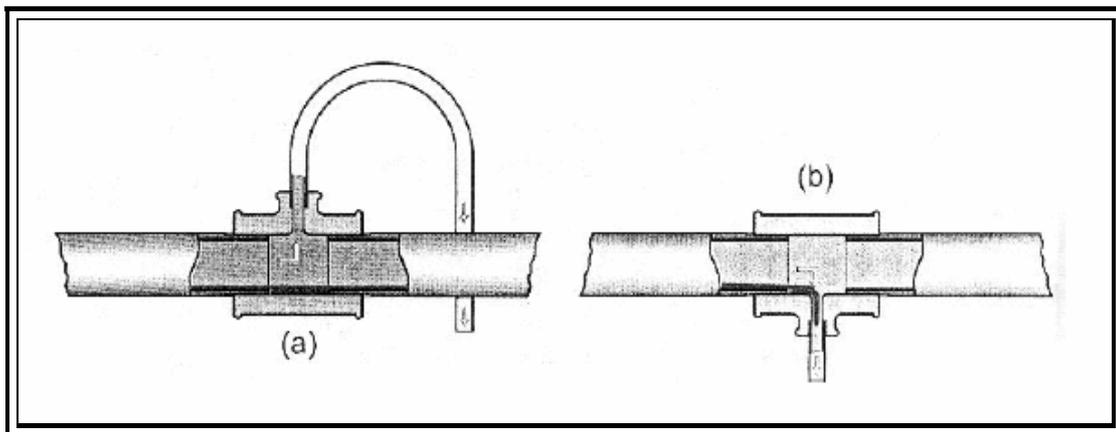


Figura 13, Bifurcación de línea secundaria a línea de servicio.

Fuente: Instalaciones de aire comprimido, documento de internet.

Estas tomas de aire, o bifurcaciones de línea secundaria a línea de servicio deben ser calculadas según el diámetro de la tubería como se muestra en la figura 14.

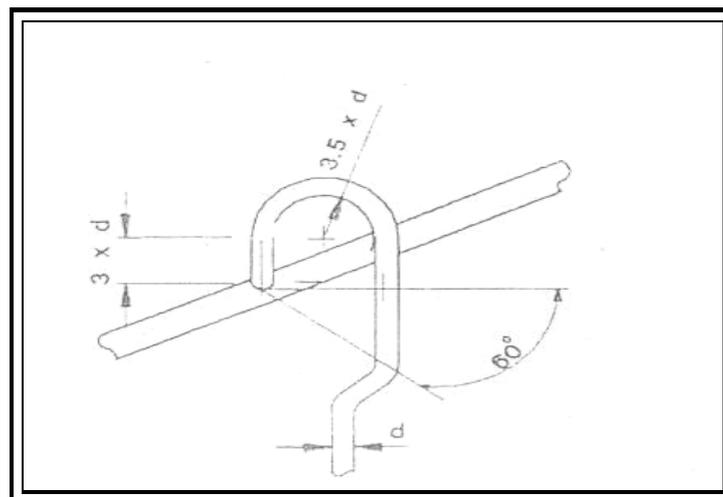


Figura 14, Cálculo de cuello de cisne.

Fuente: Manual de Neumática Básica, SIMMA.

Medidas cuello de cisne		
Diámetro (d)	3*d	3,5*d
0,5	1,5	1,75
0,75	2,25	2,625
1	3	3,5
1,5	4,5	5,25
2	6	7
2,5	7,5	8,75
3	9	10,5
3,5	10,5	12,25
4	12	14
4,5	13,5	15,75
5	15	17,5

Tabla 2, Ejemplos de medidas cuello de cisne.

Fuente: Elaboración propia.

- i) Las tomas y conexiones en las bajantes se realizarán lateralmente colocando en su parte inferior un grifo de purga o un drenaje automático.
- j) Atender las necesidades de tratamiento del aire, viendo si es necesario un secado total o sólo parcial del mismo.
- k) Prever la utilización de filtros, reguladores y lubricadores (FRL) en las tomas de servicio.

Considerando lo anterior, el tendido de la red podrá hacerse según dos disposiciones diferentes:

- a) **Red de aire comprimido con tratamiento del mismo a la salida del compresor por medio de un secador:** Diseño de la red indistintamente en circuito cerrado o abierto.[1]

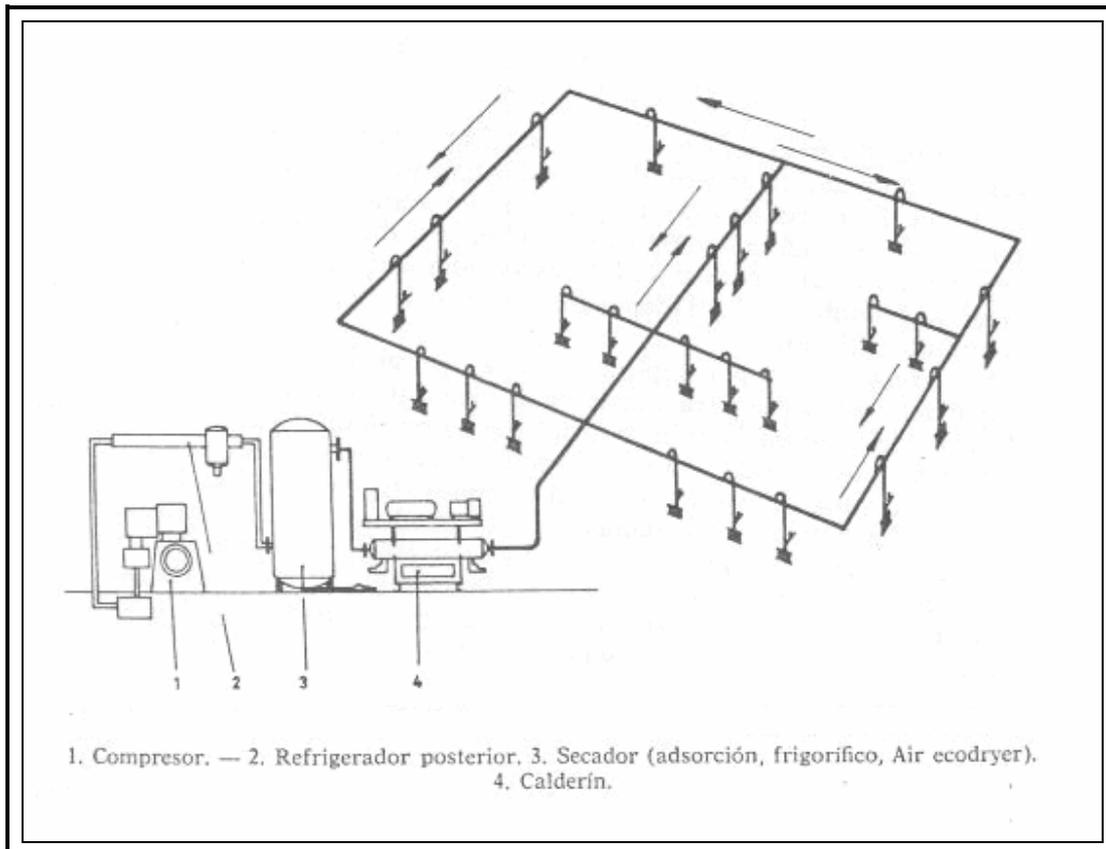


Figura 15, Diseño de la red de aire en circuito cerrado o abierto,
Fuente: Aire Comprimido, Teoría y Cálculo de las Instalaciones, E. Carnicer Royo.

Si el aire lleva a la salida del compresor un equipo de secado total (ya sea frigorífico o de adsorción), la red puede hacerse en circuito cerrado, ya que no importa montar con pendiente las tuberías ni cómo se efectúen las tomas, pues la ausencia de humedad en el aire comprimido hace que no aparezca agua en el lugar de trabajo. Igualmente puede hacerse en circuito abierto, ya que con un secador de humedad, no importa la forma de montaje de la red, debido a que el principal problema de la

humedad del aire y por el cual se toman tantas precauciones en el trazado de las tuberías habrá desaparecido.

Esta distribución en circuito cerrado permite alimentar el aire por dos lados a un punto de consumo elevado así como minimizar la caída de presión.

Cabe mencionar que cuando el circuito es cerrado la pendiente en los conductos es nula puesto que es incierto el sentido de circulación, ya que éste dependerá de los consumos y por lo tanto la pendiente carece de sentido. Por tal razón sólo se utiliza el circuito cerrado cuando se trata el aire a la salida del compresor con equipos secadores.

- b) ***Red de aire comprimido con tratamiento convencional del mismo (refrigerador posterior, depósito de aire, separador, pendientes, purgas y filtros):*** Diseño de la red en circuito abierto.[1]

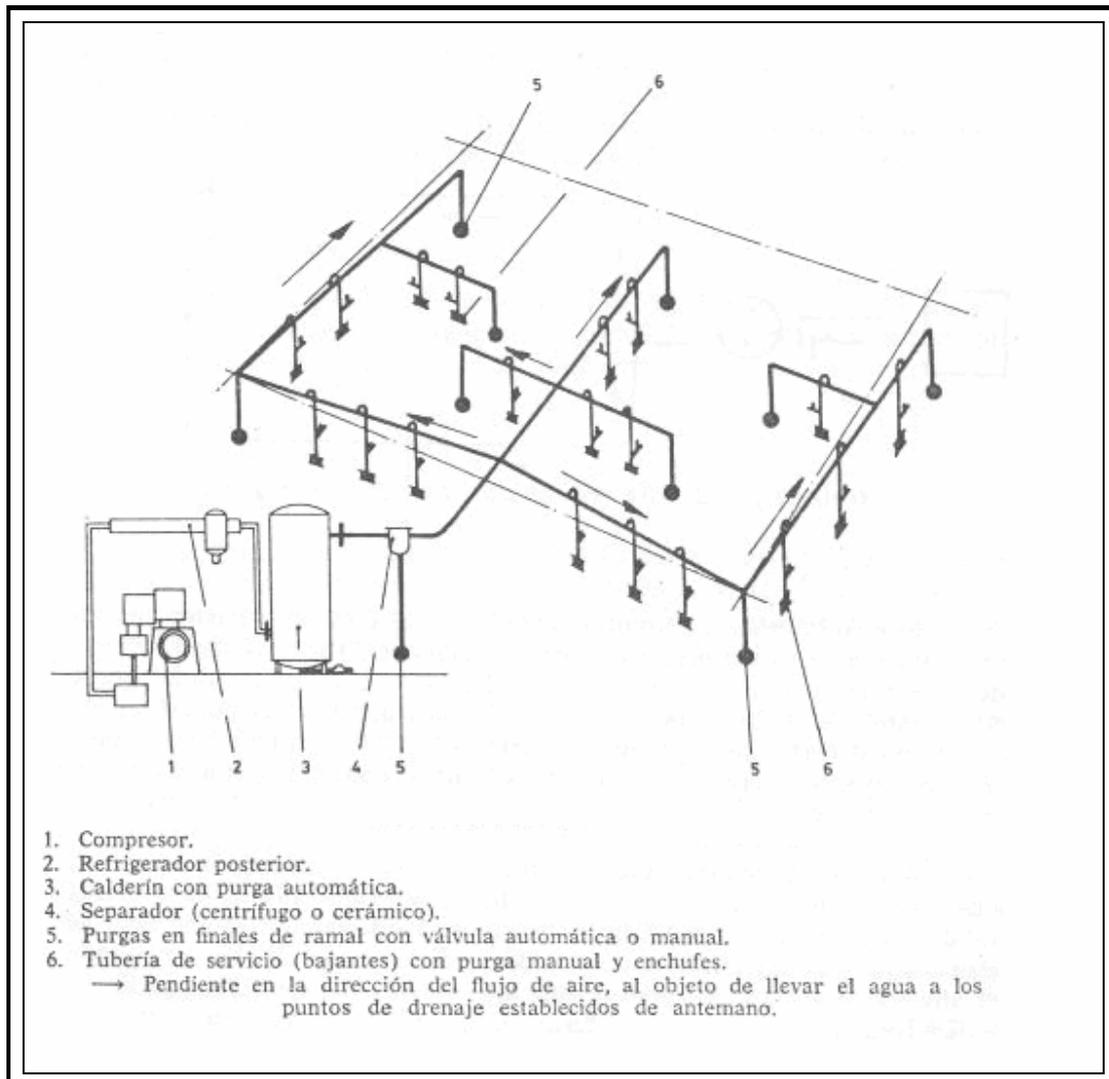


Figura 16, Diseño de la red en circuito abierto.

Fuente: Aire Comprimido, Teoría y cálculo de las instalaciones.

2.4.2. Material de tuberías

Hay diversas posibilidades, a continuación algunas de ellas:

- ❖ Cobre Tubo de acero negro.
- ❖ Latón Tubo de acero galvanizado.
- ❖ Acero inoxidable.

Las tuberías deben poder desarmarse fácilmente, ser resistentes a la corrosión y de precio módico.

Las tuberías que se instalen de modo permanente se montan preferentemente con uniones soldadas. Estas tuberías así unidas son de precio económico. El inconveniente de estas uniones consiste en que al soldar se producen cascarillas que deben retirarse de las tuberías. De la costura de soldadura se desprenden también fragmentos de oxidación; por eso, conviene y es necesario incorporar una unidad de mantenimiento.

En las tuberías de acero galvanizado, los empalmes de rosca no siempre son totalmente herméticos. La resistencia a la corrosión de estas tuberías de acero no es mucho mejor que la del tubo negro. Para casos especiales se montan tuberías de cobre o plástico.

2.4.3. Dimensionado de las tuberías

El diámetro de las tuberías no debería elegirse conforme a otros tubos existentes ni de acuerdo con cualquier regla empírica, sino en conformidad con:

- ❖ El caudal de aire.
- ❖ La longitud de las tuberías.
- ❖ La pérdida de presión (admisible).
- ❖ La presión de trabajo en los consumidores.
- ❖ La cantidad de estrangulamientos en la red.

El cálculo de caudal para las máquinas neumáticas se realizará de tres formas:

1. Se buscó en el manual de la máquina el requerimiento de aire libre que según los fabricantes es el necesario para el normal funcionamiento de las máquinas, en aquellas cuyo manual no especifica dicho consumo se llevó a cabo uno de estos dos procedimientos detallados a continuación:

En aquellas máquinas que poseen cilindros neumáticos:

- a. A través del cálculo del volumen desplazado por los pistones de las máquinas, lo que se realizará a partir de la siguiente ecuación que proporciona el caudal de aire libre. [2]

$$Q_{\text{libre}} = \frac{\pi}{4} * d^2 * c * n * p * N \times 10^{-6} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

Q= Consumo de aire (Nl/min)

d= Diámetro del cilindro (mm)

c= carrera del cilindro (mm)

n= Número de ciclos completos por minuto

p= Presión relativa de trabajo más 1 (bar)

N= número de efectos del cilindro

Para aquellas que no poseen cilindros neumáticos y tampoco se detalla el consumo en su manual se siguió el siguiente procedimiento:

- b. Teniendo el acumulador lleno, se apaga el compresor y se registran los valores de Presión y temperatura, posteriormente se enciende la máquina neumática por un tiempo determinado y se toman los nuevos valores de presión y temperatura en el acumulador. De esta forma, aplicando la ley de los gases ideales:

$$PV = mR_{\text{mezcla}}T \quad \text{Ecuación 7}$$

se obtienen los valores correspondientes a la masa de aire tanto en el primer como en el segundo caso, las cuales por diferencia darán como resultado los kilogramos de aire por minuto que fueron ocupados por la máquina, este valor, multiplicado

por la densidad del aire a P_2 y T_2 , dará como resultado el caudal de aire consumido por dicha máquina.

Por otro lado, para que la utilización del aire comprimido resulte económica se deben evitar las fugas de aire y las caídas de presión a lo largo de la red de aire.

2.4.4. Pérdidas debido a fuga de aire comprimido

Las fugas de aire comprimido en una industria son generalmente de un volumen sorprendentemente alto y no fácil de descubrir debido a la propiedad del aire de ser invisible e inodoro.

Si la fuga de aire es grande no representa un grave problema, ya que el ruido que hace permite descubrirla fácilmente, la gran caída de presión en la red permite darse cuenta que una situación anormal está ocurriendo en la industria lo que hace que se busque aquella anomalía que está provocando esta caída de presión.

En cambio, si la fuga de aire es pequeña ésta no suele observarse enseguida por dos razones, la dificultad para detectarla y la poca importancia que se le da debido a su tamaño, el problema de este pensamiento es que la suma de estas pequeñas fugas de aire, ubicadas en uniones de tuberías (a veces de difícil acceso para su vigilancia), válvulas, mangueras y enchufes conforman una pérdida considerable de aire comprimido.

En instalaciones antiguas, que no son mantenidas bajo supervisión, o en instalaciones normales que estén descuidadas, los escapes significan de un 25 a un 30% de la capacidad total del compresor. Con un gasto razonable de mantenimiento, estas cifras pueden bajar hasta un 5 a 10% de la capacidad del compresor. El costo de conservar las pérdidas de aire por escape dentro de límites tolerables, es muy pequeño en comparación con las pérdidas de aire en sí. Además, cuando el abastecimiento de aire comprimido no es suficiente, baja la presión, resultando una reducción muy considerable de la potencia de las herramientas neumáticas, ya que un escape de aire queda reflejado en el manómetro. Por lo cual, la caída de presión será más rápida cuanto más grande sea la fuga de aire.

Como en la práctica es imposible eliminar la totalidad de las fugas de aire comprimido, se debe hacer una evaluación global de ellas y obtener los costos en los que se incurriría en el mantenimiento y supervisión de las mismas, ya que éstos no deben exceder las ventajas económicas que represente la ausencia de fugas en el sistema. Las pérdidas de aire admisibles por fugas, en tantos por ciento de la capacidad total de los compresores instalados, depende de varios factores: por ejemplo, en la mayor parte de las industrias que emplean herramientas neumáticas más usuales tales como: atornilladores, taladros, etc., es decir, talleres mecánicos, de electrodomésticos, etc., las pérdidas de aire no deben pasar del 10%. Si la red de tuberías es pequeña en proporción a la capacidad de los compresores, no deben exceder del 5%.

En instalaciones en donde hay gran cantidad de maquinaria movida por aire con escapes innatos a ellas, o cuando la red de aire presenta grandes longitudes o se instala provisionalmente, las pérdidas de aire pueden oscilar entre el 10 y el 15%. En talleres de forja, donde los martillos están expuestos a un desgaste rápido y en donde los consumos de aire por martillo oscilan entre $7\text{Nm}^3/\text{min}$ y $45\text{Nm}^3/\text{min}$, es difícil mantener las pérdidas de aire por debajo de un 10 a 15%.

Un método simple para medir el total de fugas en el sistema es emplear la capacidad del compresor y un reloj común. El procedimiento varía dependiendo del tipo de compresor. [7]

Con compresores de paletas rotativas o compresores de tornillo, se carga el sistema durante un minuto, luego se para el compresor hasta que la presión caiga 1bar_g ($14,5\text{ psi}_g$). El compresor se arranca nuevamente y se toma el tiempo necesario para que el sistema recupere 1bar . Se calculan entonces las fugas a partir de la capacidad del compresor.

El cálculo de fugas se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$L = \frac{QT}{(T + t)}$$

Ecuación 8

Donde:

- L = Total de fugas del sistema en NI/s.
- Q = Capacidad del compresor en NI/s.
- T = Tiempo prendido en segundos.
- t = Tiempo apagado en segundos.

2.4.5. Pérdida de presión

La pérdida de presión máxima permisible, en el sistema de tuberías, no puede pasar de un 2% de la presión del compresor, así, si trabajamos con 7bar_g, la máxima caída permisible, será de 0,14bar_g, ya que si a esta caída de presión se suman las de los demás elementos del circuito, la presión en el punto de trabajo, puede ser mucho más baja que la idónea, para el circuito neumático. Por esta razón, las tuberías de aire comprimido deben estar dimensionadas con holgura. Desde el punto de vista de la explotación, no existe ningún riesgo en que una tubería quede sobredimensionada; la caída de presión será menor y la tubería funcionará como depósito de aire. El costo adicional como consecuencia de cierto aumento de la dimensión es insignificante comparado con los gastos que pueden originarse si la red de tuberías ha de renovarse al cabo de algún tiempo.

Cuando los caudales de aire son grandes al igual que las longitudes de tuberías, se puede aumentar la pérdida de presión hasta 0,5bar_g, para el compresor trabajando a 7bar_g, ya que el valor económico del material a instalar puede resultar excesivamente costoso para mantener los 0,14bar_g, siendo más rentable aumentar la pérdida de presión y ahorrar de esta forma en la inversión inicial. Esto es usado en tuberías de 200 a 250mm de diámetro (8 a 10in aproximadamente), tuberías que se salen del tipo comercial y entran en el tipo de tuberías especiales y que trasladan caudales grandes (150 a 200Nm³/min), con longitudes rectas de 1.000 ó 2.000m, ocupadas en empresas como minas, astilleros, etc.

2.4.6. Pérdida de presión debida a válvulas y accesorios

Cuando un fluido se desplaza uniformemente por una tubería recta, larga y de diámetro constante, la configuración del flujo indicada por la distribución de la velocidad sobre el diámetro de la tubería adopta una forma característica. Cualquier obstáculo en la tubería cambia la dirección de la corriente en forma total o parcial, altera la configuración característica de flujo y ocasiona turbulencia, causando una pérdida de energía mayor de la que normalmente se produce en un flujo por una tubería recta. Ya que las válvulas y accesorios en una línea de tuberías alteran la configuración del flujo, producen una pérdida de presión adicional.

La pérdida de presión total producida por una válvula o accesorio consiste en:

1. La pérdida de presión dentro de la válvula.
2. La pérdida de presión en la tubería de entrada es mayor de la que se produce normalmente si no existe válvula en la línea. Este efecto es pequeño.
3. La pérdida de presión en la tubería de salida es superior a la que se produce normalmente si no hubiera válvula en la línea. Este efecto puede ser muy grande.

Las pérdidas de presión en accesorios (válvulas, T, codos, etc.), a efectos de cálculo, y con la misión de encontrar un resultado rápido con una aproximación aceptable, basta añadir, a la longitud propia de la tubería que estamos proyectando, un suplemento de longitud de tubería que compense la pérdida de presión ocasionada por dichos elementos, como se muestra en la tabla 3:

	Longitud equivalente en metros										
	Diámetro interno										
Accesorios	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Te	0,76	0,76	1	1,28	1,61	2,13	2,46	3,16	3,86	4,58	6,01
Codo 90	0,42	0,42	0,52	0,64	0,79	1,06	1,24	1,58	1,91	2,26	2,95
Codo 45	0,15	0,15	0,23	0,29	0,37	0,48	0,57	0,73	0,90	1,07	1,42
Válvula bola	4,26	4,26	5,66	7,04	8,96	11,76	13,77	17,67	21,55	25,55	33,55

Tabla 3, Longitudes equivalentes de accesorios, en metros.

Fuente: elaboración propia.

2.4.7. Determinación del diámetro

El diámetro de la tubería será determinado a partir de la ecuación siguiente:

$$Q = v * A$$

Ecuación 9

Donde:

Q = caudal de aire libre que circula por la tubería, en Nin^3/s .

v = velocidad máxima permitida según tipo de tubería; principal, secundaria o de servicio, en in/s.

A = área de la tubería, en in^2 .

De modo que sabiendo el caudal de aire libre y la velocidad según tipo de tubería, se obtiene el área y por ende el diámetro de la misma, trayendo como consecuencia una disminución de las pérdidas de carga en la red.

2.5. PREPARACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

El aire atmosférico contiene cierta proporción de humedad, ésta es mayor o menor según el país, la localidad, las condiciones climatológicas y según las estaciones del año.

La aptitud del aire para retener agua vaporizada está relacionada con la temperatura y la presión, pero principalmente con la primera, admitiendo más vapor de agua cuando aumenta su temperatura. Un aire saturado (100% de humedad) puede retener más humedad si aumenta la temperatura o desciende la presión y, por el contrario, desprende parte de su contenido de humedad si baja la temperatura o sube la presión.

El aire es una mezcla de aire seco y vapor de agua, se tratará a este último como gas ideal, debido a que a 50°C la presión de saturación del agua es de 12,3kPa_a, y a presiones por debajo de este valor, el vapor de agua puede tratarse como un gas ideal con un error menor de 0,2%, incluso cuando es un vapor saturado.

Por tanto, el vapor del agua en el aire se comporta como si existiera solo y obedece la relación de gas ideal $P_v = RT$. En ese caso el aire atmosférico puede tratarse como una mezcla de gases ideales cuya presión es la suma de la presión parcial del aire seco P_a y la del vapor de agua P_v , tal como lo muestra la Ley de Dalton de presiones aditivas: [4]

$$P = P_a + P_v$$

Ecuación 10

A la presión parcial del vapor de agua se le conoce como presión de vapor, es la presión que el vapor de agua ejercería si existiera solo a la temperatura y volumen de la mezcla.

En el proceso de compresión, el aire aspirado por el compresor entra a la presión y temperatura ambiente o atmosféricas, con su consiguiente humedad relativa. Entonces se le comprime a una presión más alta que la atmosférica; este ciclo de compresión lleva consigo una elevación de temperatura y, como consecuencia, un calentamiento del aire hasta un grado tal que toda la humedad contenida en el mismo pasará por el compresor al ser aspirado. Con esto se puede inferir que el aire comprimido caliente que descarga el compresor y que lleva vapor de agua, al irse enfriando por radiación y convección en el depósito y tuberías de distribución, y descender su temperatura hasta igualar la temperatura ambiente, condensará la mayor parte de este vapor en forma de gotas de agua, las cuales serán arrastradas por el mismo flujo del aire hacia los lugares de utilización.

Se debe tener presente que en una red de aire comprimido la temperatura del aire que circula corresponde a su punto de rocío, puesto que está saturado, y una variación de esta temperatura en menos producirá condensaciones. Por el contrario, una variación de temperatura en más, recalentará el aire aumentando su temperatura y manteniendo fijo el mismo punto de rocío.

En consecuencia, para que en una instalación de aire comprimido no aparezca ninguna cantidad de agua, el aire comprimido, antes de ser distribuido a la red, debe haberse secado hasta un punto de rocío que sea inferior a la temperatura del aire ambiente en donde se utiliza

En la práctica se presentan muy a menudo los casos en que la calidad del aire comprimido desempeña un papel primordial. Las impurezas en forma de partículas de suciedad u óxido, residuos de aceite lubricante y humedad, dan origen muchas veces a averías en las instalaciones neumáticas y a la destrucción de los elementos neumáticos, mientras que la mayor separación del agua de condensación tiene lugar en el separador, después de la refrigeración, la separación fina, el filtrado y otros tratamientos del aire comprimido se efectúan en el puesto de aplicación. Hay que dedicar especial atención a la humedad que contiene el aire comprimido.

Las condensaciones de vapor de agua y aceite, son causa de una serie de inconvenientes tales como:

- Corrosión de las tuberías metálicas.
- Entorpecimiento en los accionamientos neumáticos.
- Errores de medición en equipos de control.
- Obstrucción de boquillas.
- Pintado defectuoso de superficies debido a la proyección de gotitas de aceite y agua.
- Degradación del poder lubricante de los aceites de engrase.
- Oxidación de los órganos internos en los equipos receptores.
- Aparición de escarcha en los escapes de las herramientas neumáticas.
- Bajo rendimiento de toda instalación.

Antes de exponer los métodos usados para la obtención de la humedad del aire como la determinación del punto de rocío del mismo, es conveniente definir algunos términos importantes: [1]

- **Humedad absoluta:** es el peso del vapor de agua, expresada en kg, existente en un kilogramo de aire seco. Se representa por la letra W.

Es decir, se tiene la relación:

$$W = \frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg aire seco}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Que es igual a:

$$0,622 \frac{\text{presión parcial del vapor de agua}}{\text{presión parcial del aire seco}} = 0,622 \frac{P_a}{P_b}$$

Entonces, según la Ley de Dalton expuesta anteriormente, la ecuación queda de la siguiente forma:

$$W = 0,622 \frac{P_a}{(P - P_a)} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

W = humedad absoluta en kg de vapor de agua por kg de aire seco.

P_a = Presión parcial del vapor de agua, en bar absolutos.

P = Presión total del sistema, en las mismas unidades que P_a .

P_b = Presión parcial del aire seco, en bar absolutos.

- **Humedad de saturación:** es el máximo peso de vapor de agua que admite un kg de aire seco a una determinada temperatura y presión.

La humedad de saturación representada por W_s , sólo dependerá de la presión y la temperatura. Su valor se calculará utilizando la ecuación 12, y la presión parcial del vapor de agua por la presión de vapor de la misma a la temperatura y presión consideradas. Por lo tanto, la humedad de saturación es representada de la siguiente forma:

$$W_s = 0,622 \frac{P_a}{(P - P_a)}$$

Ecuación 13

Donde:

W_s = Humedad de saturación en kg de vapor de agua por kg de aire seco.

P_a = Presión del vapor de agua a la temperatura considerada, leída en la tabla correspondiente, en bar absolutos.

P = Presión total del sistema en las mismas unidades que P_a .

- **Humedad relativa:** es la relación entre la humedad absoluta existente, W , y la humedad máxima que tal sistema podría contener, es decir, la humedad de saturación W_s . Se representa por W_r y se da en tanto por ciento.

$$W_r = \frac{W}{W_s} * 100$$

Ecuación 14

Una humedad relativa del 100% significa que se trata de un ambiente saturado, es decir, en el que $W = W_s$.

En cambio, una humedad relativa del 0% indica que se trata de un ambiente de aire totalmente exento de humedad.

El porcentaje que indica la humedad relativa permite saber el grado de saturación del aire.

- **Punto de rocío:** indica el grado de humedad del aire, comprimido o ambiente.

El punto de rocío determina una temperatura, t , a la cual el aire llega al punto de saturación; es decir, el aire se convierte en aire saturado. No se producirá condensación del vapor de agua presente en el aire si la temperatura del mismo se mantiene por sobre el valor del punto de rocío.

Cuando un ambiente de aire atmosférico o de aire comprimido seco se somete a un proceso de enfriamiento, la humedad de saturación va disminuyendo. Como la humedad absoluta permanece constante, la humedad relativa aumentará hasta que la misma alcance el 100%. La temperatura existente en ese momento indicará el valor del punto de rocío.

El punto de rocío es el parámetro fundamental para indicar la calidad del aire seco. Puntos de rocío muy bajos indican aire muy seco y, por ende, de gran calidad; puntos de rocío elevados suponen aire con altas humedades relativas.

El punto de rocío puede calcularse a partir de la humedad relativa W_r y de la temperatura ambiente t .

En primer lugar, se obtiene la humedad de saturación W_s a partir de la temperatura t y de la presión del sistema, utilizando la ecuación 13:

$$W_s = 0,622 \frac{P_a}{(P - P_a)}$$

Posteriormente, se obtiene el valor correspondiente a la humedad absoluta W , a partir de la ecuación 14:

$$W = \frac{W_r \times W_s}{100}$$

Debido a que en el punto de rocío la humedad absoluta W se convierte en humedad de saturación $W = W_s$, se utilizará la ecuación 13, despejando de ella P_a y sustituyendo W_s por el valor de W calculado anteriormente. Así,

$$P_a = \frac{W \times P}{0,622 + W} \quad \text{Ecuación 15}$$

Luego, en las tablas de presiones de vapor de agua encontradas en Anexo A, se busca la temperatura correspondiente a la presión P_a obtenida anteriormente, esta temperatura corresponde entonces, al valor del punto de rocío buscado.

Para el secado o deshumectación del aire comprimido se disponen de diversos métodos, dependiendo el empleo de cada uno de ellos de la calidad que deseamos obtener en el aire comprimido.

2.5.1. Procedimientos de secado [1]

Para el secado del aire comprimido se distinguen tres procesos:

1. Tratamiento del aire a la salida del compresor

- **Refrigerador posterior de agua:** es el más usado de los métodos de secado del aire, éste se coloca inmediatamente después del compresor y elimina aproximadamente un 70 a 80% del agua y aceite contenidos en el aire.

Los refrigeradores posteriores o intercambiadores de calor, reducen la temperatura del aire hasta 25°C y utilizan el agua como agente refrigerante.

Están básicamente formados por un haz de tubos por cuyo interior pasa el aire comprimido. El agua de enfriamiento circula a contracorriente del aire comprimido por el exterior del haz tubular. En su camino, el aire comprimido se dirige hacia el separador, que va incorporado en el refrigerador y que tiene por objeto eliminar el agua y el aceite condensados durante la refrigeración.

Este principio se mantiene en los refrigeradores posteriores, para medios y altos caudales de aire comprimido, es decir, hasta los 12.000Nm³/h en serie horizontal, y hasta los 7.500Nm³/h en serie vertical.

Para caudales bajos, alrededor de $8\text{Nm}^3/\text{min}$, el principio de refrigeración es inverso. El aire comprimido circula por el exterior del haz de tubos y el agua por su interior. La razón es sólo económica, ya que por sus dimensiones pequeñas la construcción de los mismos se abarata.

Los refrigeradores posteriores son generalmente suficientes en todas las utilidades del aire comprimido, con la salvedad de que la instalación posea un diseño adecuado y esté provista de purgadores automáticos, separadores y equipos de acondicionamiento de aire en las tomas o entradas a máquinas, que permitan recoger y eliminar las condensaciones producidas por las canalizaciones.

La temperatura de salida del aire del refrigerador es, aproximadamente 10°C superior a la de entrada del agua refrigerante. La temperatura que se admite para el agua de refrigeración es de 10 a 15°C , y la presión mínima del agua en circulación, de $0,5$ a $0,7\text{bar}_g$.

Todos los refrigeradores deben estar provistos de un purgador de condensados. Determinada la cantidad de agua condensada por unidad de tiempo, puede programarse la frecuencia con que deben efectuarse las purgas.

- **Refrigerador posterior de aire (aire – aire):** éste debe situarse a la salida del aire del compresor; utiliza como elemento de refrigeración el aire producido por un grupo motor – ventilador.

Estos refrigeradores son empleados cuando el agua es escasa o no resulta fácil llevarla hasta el mismo refrigerador; o cuando por su precio sería antieconómica una refrigeración por agua; es decir, cuando existan dificultades en el suministro del agua. De otra forma, lo recomendable es un refrigerador posterior de agua.

Para alcanzar una buena eficacia de este sistema, es absolutamente necesario que el aire aspirado por el ventilador sea lo más frío posible, siendo conveniente efectuar una abertura en la sala de compresores, cerca y enfrente del refrigerador, para que reciba directamente el aire del exterior.

Al igual que en los refrigeradores de agua, la temperatura de salida del aire comprimido del refrigerador es, aproximadamente, 10°C superior a la temperatura de entrada del aire de refrigeración. Su mejor rendimiento se obtiene cuando las

condiciones ambientales se acerquen a los 15°C de temperatura y la humedad relativa se mantenga entre el 50 y 70%, como máximo.

Éstos cuentan con separador de condensados, para eliminarlos se debe instalar una purga manual o automática.

- **Secadores:** los secadores son equipos destinados a tratar el aire o los gases comprimidos, para reducir en ellos su contenido de vapor de agua, disminuyendo el punto de rocío del aire comprimido hasta un nivel suficiente para que la humedad y el vapor de aceite queden reducidos antes de su entrada en las redes de distribución, no debiendo existir condensación de agua en los puestos de utilización.

El secador es la última etapa en el proceso de secado del aire, éste posee las siguientes ventajas:

- 1) Punto de rocío constante, independiente de la carga.
- 2) El costo de la instalación de la red de aire comprimido se reduce a un 30%.

A continuación se detallan los distintos tipos de secadores existentes:

Secado por absorción [7]

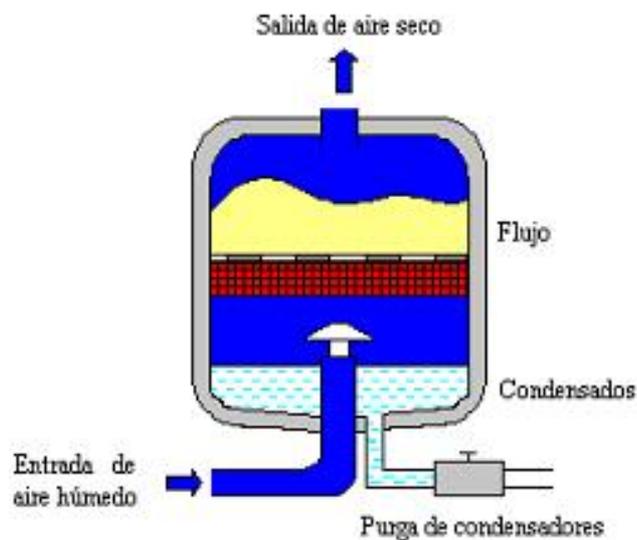


Figura 17, Secado por absorción.

El secado por absorción es un procedimiento puramente químico. El aire comprimido pasa a través de un lecho de sustancias secantes. En cuanto el agua o vapor de agua entra en contacto con dicha sustancia, se combina químicamente con ésta y se desprende como mezcla de agua y sustancia secante.

Esta mezcla tiene que ser eliminada regularmente del absorbedor. Ello se puede realizar manual o automáticamente.

Con el tiempo se consume la sustancia secante, y debe suplirse en intervalos regulares (2 a 4 veces al año).

Al mismo tiempo, en el secador por absorción se separan vapores y partículas de aceite. No obstante, las cantidades de aceite, si son grandes, influyen en el funcionamiento del secador. Por esto conviene montar un filtro fino delante de éste.

En el procedimiento de absorción se distingue:

- ❖ Instalación simple.
- ❖ Reducido desgaste mecánico, porque el secador no tiene piezas móviles.
- ❖ No necesita aportación de energía exterior.

Secado por adsorción

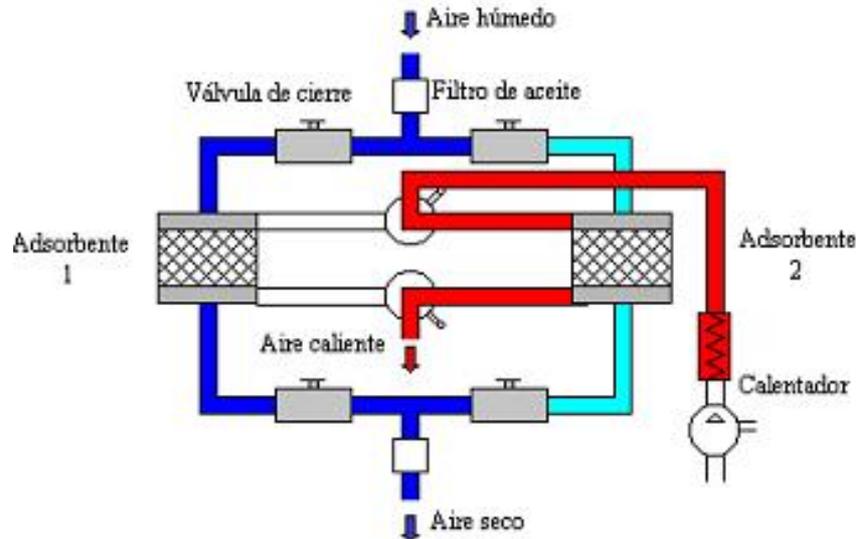


Figura 18, Secado por adsorción.

Este principio se basa en un proceso físico. (Adsorber: Depósito de sustancias sobre la superficie de cuerpos sólidos).

El material de secado es granuloso con cantos vivos o en forma de perlas. Se compone de casi un 100% de dióxido de silicio. En general se le da el nombre de Gel.

La misión del gel consiste en adsorber el agua y el vapor de agua. El aire comprimido húmedo se hace pasar a través del lecho de gel, que fija la humedad.

La capacidad adsorbente de un lecho de gel es naturalmente limitada. Si está saturado, se regenera de forma simple. A través del secador se sopla aire caliente, que absorbe la humedad del material de secado.

El calor necesario para la regeneración puede aplicarse por medio de corriente eléctrica o también con aire comprimido caliente.

Secado por enfriamiento [7]

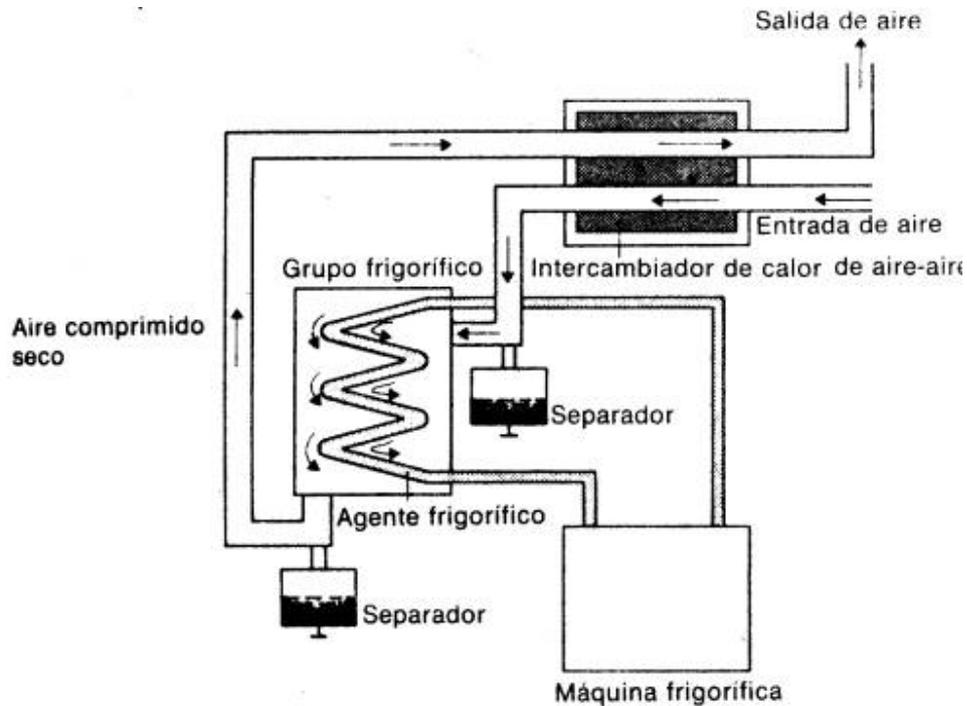


Figura 19, Secado por enfriamiento.

Los secadores de aire comprimido por enfriamiento se basan en el principio de una reducción de la temperatura del punto de rocío.

Se entiende por temperatura del punto de rocío aquella a la que hay que enfriar un gas, al objeto de que se condense el vapor de agua contenido. El aire comprimido a secar entra en el secador pasando primero por el llamado intercambiador de calor de aire-aire.

El aire caliente que entra en el secador se enfría mediante aire seco y frío proveniente del intercambiador de calor (vaporizador).

El condensado de aceite y agua se evacua del intercambiador de calor, a través del separador.

Este aire preenfriado pasa por el grupo frigorífico (vaporizador) y se enfría más hasta una temperatura de unos 274,7K (1,7°C) En este proceso se elimina por segunda vez el agua y aceite condensados.

Seguidamente se puede hacer pasar el aire comprimido por un filtro fino, al objeto de eliminar nuevamente partículas de suciedad.

Filtro de aire comprimido con regulador de presión [7]

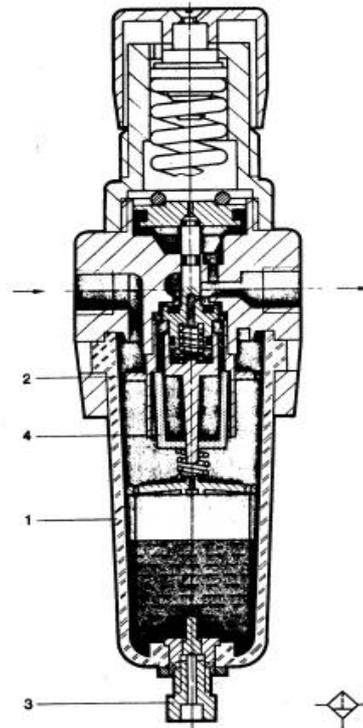


Figura 20, Filtro de aire con regulador de presión.

El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada.

Si se observa la figura 20 para entrar en el recipiente (1), el aire comprimido tiene que atravesar la chapa deflectora (2) provista de ranuras directrices. Como consecuencia se somete a un movimiento de rotación. Los componentes líquidos y las partículas grandes de suciedad se desprenden por el efecto de la fuerza centrífuga y se acumulan en la parte inferior del recipiente. En el filtro sintetizado (4) sigue la depuración del aire comprimido. Dicho filtro (4) separa otras partículas de suciedad. Debe ser sustituido o limpiado de vez en cuando, según el grado de suciedad que posea el aire comprimido. El aire comprimido limpio pasa entonces por el regulador de

presión y llega a la unidad de lubricación y de aquí a los consumidores. La condensación acumulada en la parte inferior del recipiente (1) se deberá vaciar antes de que alcance la altura máxima admisible, a través del tornillo de purga (3). Si la cantidad que se condensa es grande, conviene montar una purga automática de agua.

Purga automática accionada eléctricamente

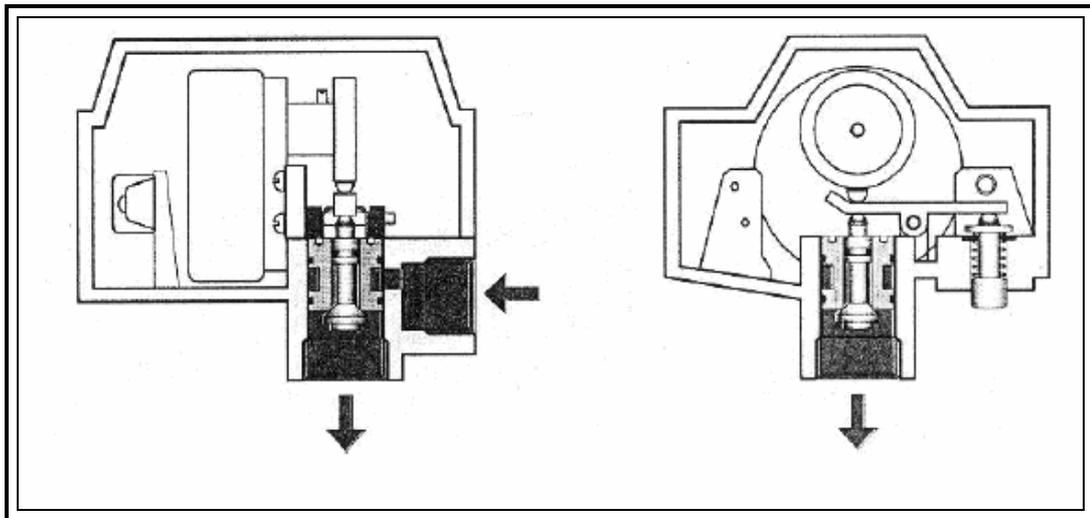


Figura 21, Purga automática.

Drena periódicamente el agua de condensación por medio de una leva que dispara una válvula de vástago vertical accionada por palanca.

2.6. Teoría de costos relevantes [5]

Antes de definir el concepto de costo relevante se partirá definiendo que se entiende por costo.

Se puede definir costo como la reducción en dinero que implica comprometer este recurso para una opción particular de negocio, antes de calcular el beneficio que ella reporta. Por lo tanto, el concepto de costo involucra la totalidad de egresos ocasionados por una

alternativa, ya sea que se derive de una inversión, un gasto de operación o un costo de oportunidad.

En el caso en que se esté evaluando un proyecto que involucre cambiar una situación existente por otra nueva es necesaria la utilización de costos relevantes.

El término costo relevante es aplicado indistintamente a los costos y a los beneficios y corresponde a los ítems que marcan una diferencia entre las opciones que se analizan.

Es aplicado en aquellos proyectos donde no se generan cambios respecto a la situación actual, será la diferencia en los costos de las alternativas la que determinará cual de ellas se debe seleccionar, debido a que los ingresos no sufren variación, y por tanto, constituyen un elemento irrelevante para la decisión

Estos costos denominados diferenciales, expresan el incremento o disminución de los costos totales que implicaría la implementación de cada una de las alternativas en análisis, en términos comparativos respecto a lo observado en la situación vigente, bastará con ellos para tomar la decisión de un proyecto que involucre variación en los resultados económicos esperados.

Aquellos costos que no varíen al implementar alguna operación como alternativa de la existente, podrán ser excluidos del análisis para la toma de decisión. Sólo son relevantes aquellos costos que sean diferentes entre cada opción estudiada y una situación base de comparación.

CAPÍTULO 3

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se detalla la forma en que se obtuvo la información necesaria para realizar el diagnóstico de la situación actual de la Red de Aire Comprimido de Industrias Ceresita S.A., de acuerdo a la metodología expuesta en el Capítulo 1.

3.1. INTRODUCCIÓN AL TEMA

La teoría necesaria para abordar este proyecto de mejora se basó principalmente en los libros mencionados en la bibliografía, cuyo contenido fundamental, para el desarrollo de este trabajo, ha sido expuesto en el Marco Teórico (Capítulo 2).

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

❖ Conocer el proceso productivo de la empresa

Los procesos productivos de la empresa son detallados en el Capítulo 1.

❖ Distribución de plantas y máquinas

En esta sección se observa el crecimiento inorgánico que la empresa ha tenido, y la deficiente distribución de las maquinarias, esto debido principalmente a la estructura del edificio en el que se encuentran y posiblemente también, a la falta de un estudio que determinara el layout adecuado para la misma.

En Anexo C, se puede observar el plano de la empresa, donde se encuentra detallado la ubicación de las máquinas y plantas de pintura.

❖ Conocer cómo operan los trabajadores

Un problema de operación es en las bombas neumáticas, las cuales los trabajadores operan a presiones mayores a las permitidas por éstas, lo que ocasiona que dejen de funcionar, además, se utilizan bombas que no tienen la capacidad suficiente para bombear pinturas viscosas, por lo cual, se produce retraso en el proceso.

❖ **Conocer estado de las máquinas**

La mayoría de las máquinas se encuentra en buen estado, teniendo problemas y fallas algunas de ellas debido principalmente a que llevan muchos años funcionando, estas máquinas más antiguas se encuentran en la Planta de pintura Industrial y en la Planta de pintura Decorativa. La tabla siguiente muestra algunas máquinas junto con el año en el que llegaron a la fábrica.

Pintura Decorativa

Máquina	Año
Cowle 1	1977
Cowle 2	1992
Cowle 3	1977
Cowle 4	1991
Cowle 5	1965
Permill 1	1964
Permill 2	1967
Envasadora 1	1991
Envasadora 3	1977

Planta Industrial

Máquina	Año
Permill 1	1964
Permill 2	1964
Permill 3	1967
Permill 4	1964

Tabla 4, Antigüedad máquinas.

Fuente: Elaboración propia.

Además de las máquinas detalladas se tiene el caso de las bombas neumáticas, las cuales en su mayoría tienen alrededor de 10 a 20 años de funcionamiento, lo que ocasiona que fallen con mayor frecuencia.

3.3. CONOCER LA RED ACTUAL

❖ Averiguar la demanda de Aire.

La demanda de aire fue determinada con alguno de los tres métodos ya expuestos en el Marco Teórico, esto dependiendo de si las máquinas poseían o no pistón o si se contaba con la información sobre el caudal de aire que la misma necesitaba.

A continuación se darán algunos ejemplos de cómo se calculó este caudal, los cálculos de las otras máquinas se encuentran en Anexo B.

El primer método de cálculo de caudal, es ejemplificado mediante la tabla 5, que muestra los datos con los que se obtuvo el consumo de aire de la máquina Permill 1, estos datos se ingresan a la ecuación 1 mostrada y detallada en el Marco Teórico, obteniéndose un caudal de aire correspondiente a 7,96NI/min, como se observa en la tabla siguiente:

Permill	Diámetro	Carrera	Ciclos por minuto	Presión(bar)	Efecto	Caudal(NI/min)
Nº1	15,6	88	32	6,4	2	7,96

Tabla 5, Cálculo de caudal, Permill 1.

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de consumo de aire por parte de la máquina Cowle 1 de Planta decorativo ejemplifica el segundo método detallado en el Marco Teórico:

Mediante 10 observaciones se obtienen los datos mostrados en la tabla 6, los cuales son ingresados a la ecuación general de los gases, dando como resultado el

aire que la máquina necesita, tabla 7 el cual es transformado a aire libre, para mantener la concordancia con los otros caudales.

Cowle 1	P ₁ (Pa)	T ₁ (K)	P ₂ (Pa)	T ₂ (K)	V(m ³)	R(J/kgK)	Tiempo(min)
	781.540	297,5	771.540	297,1	0,89026	287,3	0,9

Tabla 6, Datos para determinar caudal, Cowle 1.

Fuente: Elaboración propia.

m ₁	m ₂	m ₁ - m ₂	Densidad	Caudal(m3/min)	Caudal (L/min)	Aire libre
7,083	6,988	0,095	9,045	0,012	11,640	85,03

Tabla 7, Caudal Cowle 1.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo el caudal real que las máquinas consumen se puede calcular la cantidad de aire que es necesario que generen los compresores, como ya se dijo en el Capítulo 2, se debe sumar a este consumo un 10% relativo a pérdidas por fuga y un 20% para futuras ampliaciones, para el cálculo se consideraron todas las máquinas, incluso aquellas que funcionan esporádicamente ya que existe la posibilidad de que se encuentren todas las máquinas funcionando simultáneamente, debiendo la red ser capaz de suministrar aire a cada una de ellas sin problemas.

El caudal de aire requerido es el siguiente:

Caudal de aire real (NI/min)	14.959,572
10% debido a fugas	1.495,957
20% futuras ampliaciones	2.991,914
Caudal de aire requerido (NI/min)	19.447,444

Tabla 8, Caudal de aire requerido.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, se muestra el caudal que cada máquina necesita y el caudal real que la misma consume, lo que sumado proporciona el Caudal de aire real equivalente a 14.959,572NI/min.

Aquellas máquinas que no aparecen en la tabla con consumo diario, es debido a su poca utilización, lo que las hace despreciables a la hora de calcular las necesidades de aire de la empresa, por otro lado, las que se encuentran ennegrecidas son eliminadas del cálculo de pérdidas de carga, ya que sólo funcionan esporádicamente.

Planta Decorativo					
Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Cowle 1	85,03	0,045	8	0,563	0,478
Cowle 2	225,16	0,0335	8	0,419	0,943
Cowle 3	124,3	0,0447	8	0,559	0,694
Cowle 4	103,6	0,127	8	1,588	1,645
Cowle 5	124,3	0,0447	8	0,559	0,694
Cowle 6	146,3	0,0343	8	0,429	0,126
Permill 1	7,96	4	8	50	3,98
Permill 2	28,78	2	8	25	7,195
Envasadora 1	5,25	7	8	87,5	4,594
Envasadora 2	6,39	7	8	87,5	5,591
Envasadora 3	4,92	4	8	50	2,46
Etiquetadora	66,6	6	8	75	49,95
Etiquetadora	66,6	6	8	75	49,95
Actuadores neumáticos	552,24	0,67	8	8,375	46,25
Bomba tambor	880	2	8	25	220
Bomba 2" EB2 – M	900	6	8	75	675

Bomba 1" EB1 - SM	600	1	8	12,5	75
Bomba 1" EB1 - SM	600	2	8	25	150
Bomba 1/2" EB1/2 - A	900	2	8	25	225
Bomba 1 1/2" SB1 1/2 - A	840	2	8	25	210
Bomba 2" SB2 - A	1.260	4,5	8	62,5	708,75
Bomba 2" SB2 - A	1.260	5	8	62,5	787,5
Bomba 1 1/2" SB1 1/2 - A	840	2	8	25	210
Bomba 2" SB2 - A	1.260	2	8	25	315
Bomba 2" SB2 - A	1.260	4	8	50	630
Bomba 1/2" EB1/2 - A	900	4	8	50	450
Bomba 2" SB2 - A	1.260	4	8	50	630
Bomba tambor	880	2	8	25	220
bomba recambio	840	1	8	12,5	105
Agitador	1.200	0,3	8	3,75	45
Salidas libres	150				
Salidas libres	150				
Salidas libres	150				
Salidas libres	150				
Salidas libres	150				
Agitador	1.200				
Filtro	150				
Filtro	150				
Total	20.708,11				5.831,30

Bombas estanques de materia prima
--

Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Bomba 1" EB1 – SM	600	4	8	50	300
Bomba 1 1/2" SB11/2 – A	840	2	8	25	210
Bomba 3" E3AA2R220	991	0,2	8	2,5	24,775
Bomba 3" PD30X – XX	1.080	7	8	87,5	945
Bomba 1/2" EB1/2 – A	900	0,0833	8	1,04125	9,37125
Bomba 1/2" EB1/2 – A	900	0,0833	8	1,04125	9,37125
Bomba 1/2" EB1/2 – A	900	0,0833	8	1,04125	9,37125
Total	6.211				1.507,89

Planta Industrial

Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Cowle 1	87,3	0,1698	8	2,1225	1,853
Cowle 4	110,5	0,0732	8	0,915	1,011
Cowle 6	87,3	0,1698	8	2,1225	1,853
Permill 1	19,04	4	8	50	9,52
Permill 2	27,02	5	8	62,5	16,888
Permill 3	24,04	5	8	62,5	15,025
Permill 4	4,39	5	8	62,5	2,744
Termocontraído	11,66	4	8	50	5,83
Bomba 1/2" EB1/2 – A	900	4	8	50	450
Bomba 1/2" EB1/2 – A	900	4	8	50	450
Bomba 1 1/2" SB11/2 – A	840	4	8	50	420

Bomba 1 1/2" SB11/2 - A	840	0,5	8	6,25	52,5
Bomba 1" EB1 - SM	600	1	8	12,5	75
Bomba tambor	880				
Tapadora baldes	14,84	4	8	50	7,42
Molinos de inmersión	250	0,333	8	4,166	10,416
Molinos de inmersión	250	0,666	8	8,325	20,813
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Filtro	150				
Total	6.596,09				1.330,871

Planta Aerosol

Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Etiquetadora	24,2	4	8	50	12,1
Agitador	1.200	2	8	25	300
Agitador	1.200	4	8	50	600
Bomba tambor	880	1,1	8	13,75	121
Bomba gas	10,36	4	8	50	5,18
Bomba tambor	880	1,1	8	13,75	121
Agitador	1.200	2	8	25	300
Salida libre	150				
Total	5.544,56				1.459,28

Planta pintura en polvo

Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Pistolas laboratorio	133,33				
Láser	133,33				
Mixaco	1,22				
Extruder 2	3,19				
Molino 1	1.274,80	5	8	62,5	796,75
Molino 2	1.259,20	5	8	62,5	787
Extractor	250	2	8	25	62,5
Alimentadores	0,89				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Pistolas laboratorio	133,33				
Pistolas laboratorio	133,33				
Pistolas laboratorio	133,33				
Total	4.805,95				1.646,25

Planta resinas

Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Bomba 2" EB2 – M	900	4	8	50	450

Bomba 1 1/2" ST 1 1/2 - A	840	4	8	50	420
Bomba 1 1/2" SB SB1 1/2 - A	1.260	4	8	50	630
Bomba 1 1/2" SB 1 1/2 - A	840	3	8	37,5	315
Bomba 1" EB1 - SM	600	3	8	37,5	225
Bomba 2" EB2 - M	900	4	8	50	450
Bomba 1/2" EB 1/2 - A	900	0,67	8	8,375	75,375
Bomba 1/2"	226	0,67	8	8,375	18,928
Bomba 1/2"	226	1,67	8	20,875	47,177
Agitador por aire	150				
Total	6.842				2.631,48

Moda color

Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Salidas libres	150				
Salidas libres	150				
Total	300				

Mantenimiento

Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				

Total	1.050				
--------------	--------------	--	--	--	--

Laboratorios					
---------------------	--	--	--	--	--

Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Salida libre	150				
Cámara de niebla	0,13				
Total	150,13				

Bodegas de MP					
----------------------	--	--	--	--	--

Máquinas	Caudal (N l/min)	Tiempo diario (hrs)	Horas de trabajo	Porcentaje utilización	Caudal real
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Salida libre	150				
Agitador	1.200	0,5	8	6,25	75
Bomba EB1 - M	600	0,5	8	3,75	37,5
bomba tambor	880	4	8	75	440
Total	3.430				552,5

Total	55.637,84				14.959,572
--------------	------------------	--	--	--	-------------------

Tabla 9, Consumo de aire libre máquinas neumáticas.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Averiguar generación de aire**

La generación de aire teórica se obtuvo, tal como se dijo en la Metodología a través del manual que cada compresor poseía, se muestra un resumen de las principales características de éstos en el Anexo A.

Compresor	Caudal de aire (NI/min)	Potencia (kW)	Tipo de regulación
GA Pack 37	5.880	37	Automática con presostato
GA Pack 408	4.212	29,1	Arrancador estrella triángulo

Tabla 10, Generación de aire compresores.

Fuente: Elaboración propia.

Con la información de la tabla 10, se podrá calcular la capacidad que el acumulador de aire debe tener:

Para compresor de tornillo GA Pack 37 cuya regulación es automática con presostato, el volumen del acumulador es el siguiente:

$$V \geq 35 * 49,95CV$$

$$V \geq 1.748,25l$$

Para el compresor GA Pack 408 cuya regulación es con arrancador estrella – triángulo, el volumen del acumulador necesario es el siguiente:

$$V \geq 75 * 39,3CV$$

$$V \geq 2.946,4l$$

Como ambos compresores abastecen a toda la red de aire y unen su caudal antes de llegar al acumulador, la capacidad de éste corresponde a la suma de los

volúmenes determinados para cada acumulador por separado, suma que en m^3 , da el siguiente valor:

$$V \geq 4,69m^3$$

Los acumuladores que la red posee tienen volúmenes de $0,89m^3$ y $4,12m^3$, lo que sumado da un valor aproximado de $5m^3$.

❖ **Conocer las máquinas neumáticas utilizadas en la red y sus especificaciones técnicas**

A través de los manuales de las máquinas neumáticas de la empresa se obtuvo la siguiente información:

Cowle

El aire que entra a la máquina debe tener una presión entre $5,5$ y $6,9bar_g$, además éste debe estar limpio y seco.

Envasadoras

La presión de trabajo del aire entrante a la envasadora, cuando ésta está trabajando con pinturas látex, debe encontrarse entre $4,1$ y $5,5bar_g$.

Para productos de baja viscosidad la presión del aire debe ser reducida a aproximadamente $2,8bar_g$, con la finalidad de prevenir el derrame de pintura mientras se realiza el ciclo de llenado. La presión máxima de operación debe ser normalmente considerada en $6,8bar_g$.

Se recomienda también poner en la línea una purga con la finalidad de eliminar la humedad del aire y así evitar que ésta llegue a la máquina, así como también poseer un lubricador que deje caer una gota de aceite a la máquina cada 5 minutos.

Molino de inmersión

La mínima presión de trabajo debe ser de 6bar.

Agitador aerosol

Al motor de aire del agitador no deben entrar otros gases corrosivos o material particulado. El vapor de agua, los contaminantes a base de aceite y otros líquidos deberán ser filtrados.

Extruder

La presión mínima a la que funciona esta máquina es de 6bar_g y la máxima de 8bar_g.

Mixaco

La presión de trabajo debe ser de 6bar_g.

Bombas

El aire comprimido utilizado para hacer funcionar la bomba debe estar libre de humedad, porque de otra forma ocasiona un funcionamiento irregular.

La siguiente tabla muestra los elementos que las máquinas en la red presentan:

Planta Decorativa

Máquinas	Filtro	Regulador	Lubricador	Observaciones
Cowle 1	Si	Si	Si	Antiguo
Cowle 2	No	No	No	

Cowle 3	Si	No	No	Antiguo
Cowle 4	Si	No	No	Antiguo
Cowle 5	No	No	No	
Cowle 6	Si	Si	No	Buen estado
Permill 1	Si	No	Si	Antiguo
Permill 2	Si	Si	Si	Antiguo
Envasadora 1	Si	No	No	Tiene 5
Envasadora 2	Si	Si	No	2 filtros y 1 FR
Envasadora 3	Si	Si	No	
Etiquetadora	Si	Si	No	Buen estado
Etiquetadora	Si	Si	No	Buen estado
Actuadores neumáticos	No	No	No	
Bomba tambor	Si	Si	Si	Buen estado
Bomba 2" EB2 - M	Si	Si	Si	Manómetro malo
Bomba 1" EB1 - SM	No	No	No	
Bomba 1" EB1 - SM	Si	Si	Si	Antiguo
Bomba 1/2" EB1/2 - A	Si	Si	Si	Antiguo
Bomba 1 1/2" SB11/2 - A	Si	Si	No	Antiguo
Bomba 2" SB2 - A	Si	Si	No	Antiguo
Bomba 2" SB2 - A	Si	Si	No	Antiguo
Bomba 1 1/2" SB11/2 - A	No	No	No	
Bomba 2" SB2 - A	Si	No	Si	Antiguo
Bomba 2" SB2 - A	Si	Si	Si	Antiguo
Bomba 1/2" EB1/2 - A	No	No	No	

Bomba 2" SB2 – A	No	No	No	
Bomba tambor	Si	Si	Si	Buen estado
Bomba tambor	Si	Si	Si	Buen estado
bomba recambio	No	No	No	
Agitador	Si	Si	No	Buen estado
Agitador	Si	Si	Si	Buen estado

Bombas Estanques de Materia Prima

Máquinas	Filtro	Regulador	Lubricador	Observaciones
Bomba 1" EB1 – SM	No	No	No	
Bomba 1 1/2" SB1 1/2 – A	Si	Si	Si	Buen estado
Bomba 3" E3AA2R220	Si	Si	Si	Buen estado
Bomba 3" PD30X – XX	Si	Si	Si	Buen estado
Bomba 1/2" EB1/2 – A	Si	Si	No	Buen estado
Bomba 1/2" EB1/2 – A	Si	Si	No	Buen estado
Bomba 1/2" EB1/2 – A	Si	Si	No	Buen estado

Planta Industrial

Máquinas	Filtro	Regulador	Lubricador	Observaciones
Cowle 1	Si	No	No	Antiguo
Cowle 4	Si	Si	No	Antiguo
Cowle 6	Si	Si	No	Buen estado
Permill 1	Si	Si	Si	Buen estado
Permill 2	Si	No	Si	Buen estado
Permill 3	Si	Si	Si	Buen estado

Permill 4	No	No	No	
Termocontraído	Si	Si		Malo
Bomba 1/2" EB1/2 - A	Si	Si	No	Buen estado
Bomba 1/2" EB1/2 - A	No	No	No	
Bomba 1 1/2" SB11/2 - A	Si	Si	Si	Buen estado
Bomba 1 1/2" SB11/2 - A	Si	No	Si	Buen estado
Bomba 1" EB1 - SM	No	No	No	
Bomba tambor	No	No	No	
Tapadora baldes	Si	No	No	Buen estado
Molinos de inmersión	Si	Si	No	Buen estado
Molinos de inmersión	Si	Si	No	Buen estado

Planta Aerosol

Máquinas	Filtro	Regulador	Lubricador	Observaciones
Etiquetadora	Si	Si	No	Buen estado
Agitador	Si	Si	Si	Buen estado
Agitador	Si	Si	Si	Buen estado
Bomba tambor	Si	Si	Si	Buen estado
Bomba gas	No	No	No	
Bomba tambor	Si	Si	Si	Buen estado
Agitador	Si	Si	Si	Buen estado

Planta Pintura en Polvo

Máquinas	Filtro	Regulador	Lubricador	Observaciones
Pistolas laboratorio	Si	Si	No	Buen estado

Láser	Si	Si	Si	Buen estado
Mixaco	No	No	No	
Extruder 2	Si	Si	No	Buen estado
Molino 1	Si	Si	No	Posee 2
Molino 2	Si	Si	No	Posee 5
Extractor	Si	Si	No	Buen estado
Alimentadores	No	No	No	

Planta Resina

Máquinas	Filtro	Regulador	Lubricador	Observaciones
Bomba 2" EB2 - M	Si	Si	No	Buen estado
Bomba 1 1/2" ST 1 1/2 - A	Si	No	Si	Antiguo
Bomba 1 1/2" SB1 1/2 - A	No	No	No	
Bomba 1 1/2" SB 1 1/2 - A	Si	No	Si	Buen estado
Bomba 1" EB1 - SM	Si	No	Si	Buen estado
Bomba 2" EB2 - M	Si	Si	No	Buen estado
Bomba 1/2" EB 1/2 - A	Si	Si	Si	Buen estado
Bomba 1/2" EB 1/2 - A	Si	Si	No	Buen estado
Bomba 1/2" EB 1/2 - A	Si	Si	No	Buen estado

Laboratorio

Máquinas	Filtro	Regulador	Lubricador	Observaciones
Cámara de niebla	Si	Si	No	Buen estado

Bodegas de Materias Primas				
Máquinas	Filtro	Regulador	Lubricador	Observaciones
Agitador	No	No	No	
Bomba EB1 - M	No	No	No	
bomba tambor	No	No	No	

Tabla 11, Elementos de tratamiento de aire con que cuentan las máquinas neumáticas.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Analizar tuberías utilizadas en la Red de aire comprimido**

El tipo de tubería utilizada en la red en su mayoría es acero galvanizado cédula 40, también se utiliza cobre, pero sólo en algunos sectores.

Las dimensiones y el tipo de tubería son detallados en el plano de la red de aire comprimido y principalmente en el Anexo C.

En la tabla 12 se muestra un ejemplo del cálculo de la velocidad que llevan las tuberías de aire comprimido en la sala de compresores, con la finalidad de comparar ésta con la velocidad máxima permitida según tipo de tuberías, la tubería en esta sala sería principal, debido a que lleva la totalidad del caudal de aire, por lo cual su velocidad máxima, como ya se mencionó en el Capítulo 2 debe ser de 8m/s.

El cálculo se realizó utilizando la *Ecuación 9*, Capítulo 2.

Caudal (Nin ³ /min)	Diámetro (in)	Área (in ²)	Velocidad (in/min)	Velocidad (m/s)
358.819,615	2	3,14	114.273,763	48,375
358.819,615	2	3,14	114.273,763	48,375
358.819,615	2	3,14	114.273,763	48,375
358.819,615	2	3,14	114.273,763	48,375
268.382,427	1,5	1,766	151.950,418	64,325
268.382,427	1,5	1,766	151.950,418	64,325

268.382,427	2	3,14	854.72,110	36,183
627.202,042	2	3,14	199.745,873	84,559
627.202,042	2	3,14	199.745,873	84,559
627.202,042	2	3,14	199.745,873	84,559
627.202,042	2	3,14	199.745,873	84,559
627.202,042	2	3,14	199.745,873	84,559

Tabla 12, Cálculo de velocidad tubería principal, sala de compresores.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Identificar zonas de pérdida de carga y fuga**

A través del levantamiento de la red de aire comprimido se determinaron la cantidad de accesorios por planta y las principales zonas de fuga, como se puede ver en la siguiente tabla:

Pérdida de presión	
Planta Decorativo	
Accesorios	Cantidad
Codo 90° 1/2"	33
Codo 90° 3/4"	2
Codo 90° 1"	4
Codo 90° 1 1/2"	8
Codo 90° 2"	6
Válvula 1/2"	39
Válvula 3/4"	1
Válvula 1"	9
Válvula 1 1/2"	2
Válvula 2"	1
Te 1/2"	46

Te 3/4"	2
Te 1"	11
Te 1 1/2"	3
Te 2"	1

Planta Industrial

Accesorios	Cantidad
Codo 90° 1/2"	90
Codo 90° 1"	33
Codo 90° 2"	13
Válvula 1/2"	45
Válvula 3/4"	1
Válvula 1"	7
Válvula 2"	12
Te 1/2"	31
Te 1"	29

Planta Pintura en Polvo

Accesorios	Cantidad
Codo 90° 1/2"	31
Codo 90° 1"	17
Codo 90° 1 1/2"	1
Válvula 1/2"	17
Válvula 1"	6
Te 1/2"	11
Te 1"	26

Planta resinas

Accesorios	Cantidad
------------	----------

Codo 90° 1/2"	52
Codo 90° 3/4"	4
Codo 90° 1"	2
Válvula 1/2"	20
Válvula 3/4"	4
Te 1/2"	27
Te 3/4"	2
Te 1"	3

Planta aerosol

Accesorios	Cantidad
Codo 90° 1/2"	21
Válvula 1/2"	9
Te 1/2"	15

Mantenimiento

Accesorios	Cantidad
Codo 90° 1/2"	26
Codo 90° 1"	3
Válvula 1/2"	9
Te 1/2"	11
Bodega materia prima	

Accesorios	Cantidad
Codo 90° 1/2"	26
Válvula 1/2"	10
Te 1/2"	10

Tabla 13, Cantidad de accesorios por planta.

Fuente: Elaboración propia.

Lugares en que se detectaron fugas de aire comprimido

Planta pintura decorativa

- Envasadora 1 fuga en filtro.
- Permill 3, fuga en válvula.
- Cowle 6, fuga en unión manguera – filtro.
- Cowle 3, fuga en válvula.
- Etiquetadora 2, fuga en unión filtro - manguera.
- Segundo piso, fuga en válvula agitador.
-

Planta pintura industrial

- Cowle 1, fuga en válvula.
- Selladora twist, fuga en filtro.
- Cowle 6, fuga en válvula.

Planta pintura en polvo

- Molino 2, fuga en filtro.
- Extruder, fuga en filtro.
- Unión entre pistola para sopletear y manguera (al lado de extruder).

Pérdidas de carga:

Las pérdidas de carga en la red se obtuvieron a través del libro: Flujo de Fluidos en válvulas accesorios y tuberías de Crane [5], cuya tabla se encuentra en Anexo A, ésta da la pérdida de presión en bar_g a 15°C y 7bar_g , por cada 100 metros de tubería cédula 40, que es el tipo de tubería con la que la red cuenta., como se observa en la tabla 14, para una tubería de la sala de compresores, se encuentran los datos de largo de tubería, el factor de corrección, el cual se utiliza cuando las

tuberías están a una temperatura y presión distintas a la ya mencionada, en este caso es de 6,5bar_g y 26°C, y el caudal de aire en Nm³/min. La pérdida por 100m se obtiene al intersectar la columna de diámetro con la fila correspondiente al caudal que circula por la tubería, otorgando de esta manera la pérdida de presión.

Sala de compresores

Largo tubería en metros	Factor de corrección	Caudal de aire (Nm ³ /min)	Diámetro tubería	Pérdida por 100m (bar)	Pérdida (bar)
5,57	1,107	5,88	2"	0,0636	0,00392

Tabla 14, Pérdida de carga de tuberías sala de compresores.

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la pérdida de carga por accesorios se realizó el mismo procedimiento, sin embargo, hubo una etapa previa, en la cual se determinó la longitud equivalente o supletoria de cada elemento a partir de la tabla 3, mostrada en el Capítulo 2, luego, con esta longitud y los demás datos necesarios se calculó la pérdida de presión de los mismos.

A continuación, la pérdida de carga total por Planta de Producción:

Planta Decorativo		
	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,620	114,114
Tubería	0,531	16,406
Total	1,151	130,520

Planta Industrial		
-------------------	--	--

	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,106	1,196
Tubería	0,034	0,397
Total	0,140	1,593

Planta Pintura en Polvo

	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,282	1,916
Tubería	0,104	1,876
Total	0,386	3,793

Planta Aerosol

	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,148	1,193
Tubería	0,150	1,221
Total	0,298	2,413

Planta Resina

	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,520	6,810
Tubería	0,991	14,287
Total	1,511	21,097

Mantenimiento

	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,097	1,074

Tubería	0,350	3,236
Total	0,447	4,311

Bodega de Materia prima

	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,069	0,467
Tubería	0,091	0,628
Total	0,160	1,095

Total	4,093	3790,916
--------------	--------------	-----------------

Tabla 15, Pérdida de carga total por Planta de Producción.

Fuente: Elaboración propia

La medición se realizó un día sin producción, con la finalidad de que no existiera consumo, por ello, sólo se utilizó el compresor GA 408, el cual es el único que se mantiene encendido, el GA 37 se apaga después de las 17:30 y se enciende a las 8:00, manteniéndose apagado el fin de semana.

Para determinar las pérdidas por fuga se realizó el procedimiento detallado con anterioridad en el Capítulo2, utilizando la ecuación 8:

Se tiene:

Q = caudal del compresor, equivalente a 70,2NI/s

T=150s

t = 2.460s

$$L = \frac{70,2 \text{ NI/s} * 150\text{s}}{2.460\text{s} + 150\text{s}} = 4 \text{ NI/s}$$

❖ **Determinar la humedad del aire**

Por medio del método detallado en el Capítulo 2, se determinará la cantidad de agua presente en la red y su temperatura de punto de rocío, el primero para demostrar que la red de aire está trasladando agua hacia los puntos de utilización, y el segundo, para establecer el tipo de secador más adecuado.

Se utilizará la ecuación 14, con una humedad relativa de 76%, correspondiente al promedio de los meses de Abril a Septiembre de los años 2000 – 2004¹, son considerados solamente estos meses por ser aquellos en que se presenta el porcentaje de humedad más alto.

Entonces, utilizando una temperatura promedio de 23°C, tomada en el acumulador, se obtiene la presión del vapor de agua de la tabla de presiones de vapor de agua que se encuentra en Anexo A.

Por lo cual, para 23°C se obtiene una presión de 0,028bar, ahora, utilizando la ecuación 13, ya expuesta en el Capítulo 2, se obtiene la humedad de saturación:

$$W_s = 0,622 \frac{0,028\text{bar}}{(7,8 - 0,028)\text{bar}} = \frac{0,00225\text{kg de vapor de agua}}{\text{kg de aire seco}}$$

De esta forma se obtiene la humedad absoluta a partir de la ecuación 14:

$$W = \frac{76 \times 0,00225}{100} = \frac{0,00171\text{kg de vapor de agua}}{\text{kg de aire seco}}$$

Con estos resultados de humedad absoluta y de saturación, se obtiene P_a , a partir de la ecuación 15:

$$P_a = \frac{0,00171 \times 7,8}{0,622 + 0,00171} = 0,0212\text{bar}$$

² Información proporcionada por la Dirección Meteorológica de Chile.

Así, con $P_a = 0,0212\text{bar}$ de la tabla de presiones de vapor de agua presentada en Anexo A, se obtiene, por interpolación, una temperatura equivalente a: $18,4^\circ\text{C}$, la cual sería la temperatura de punto de rocío buscada.

❖ **Distribución de la red**

En esta etapa se dibujó la red de aire comprimido de la empresa, debido a que ésta no contaba con ningún plano que la representara, por lo cual, debió medirse cada metro de tubería anotando, además, el diámetro que posee, y detallar cada accesorio en la red, para luego ser dibujado en Autocad, obteniéndose así, los planos que se encuentran en Anexo C y que muestran en detalle la red de aire de la empresa.

3.4. COSTOS DE ENERGÍA

Dentro de los costos de energía se encuentran:

❖ **Costos debido a funcionamiento de compresores**

Teniendo los datos de caudal generado por los compresores y potencia consumida por los mismos, se establece una relación entre ellos que permitirá calcular los costos debido a generación de aire.

En primer lugar, la potencia del compresor es dividida por el caudal del mismo, obteniendo como resultado la potencia en kWmin/Nl , como se muestra en la columna 3 de la tabla 16, posteriormente éste es dividido por 60 para transformarlo así a kWh/Nl , columna 4 de la misma tabla.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Compresor	Caudal (NI/min)	kWmin/NI	kWh/NI
GA 408	4.212	0,00689	0,000148
GA 37	5.880	0,00629	0,000105

Tabla 16, Factor kWh/NI.

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, para saber el costo de producción del aire se multiplican estos resultados por el valor del kWh el cual para la empresa es de \$23, así, se obtienen los siguientes valores:

Compresor	Costo por caudal (\$/NI)
GA 408	0,003404
GA 37	0,002415

Tabla 17, Costo de producir 1NI de aire

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se calcula el caudal de aire comprimido que los compresores proporcionan en un día de trabajo, considerando un día de trabajo de 8 horas, tiempo que se determinó (mediante repetidas mediciones) que los compresores funcionan en un día, el procedimiento llevado a cabo consistió en la instalación de un temporizador, el que marca el tiempo sólo cuando el compresor se encuentra funcionando.

Compresor	Caudal de aire (NI/min)	Caudal de aire en una hora (NI/h)	Caudal de aire en una día de trabajo (NI/día)	Costo en un día de producción (\$/día)
GA 408	4.212	252.720	2.021.760	6.882,07
GA 37	5.880	352.800	2.822.400	6.816,1

Tabla 18, Costo de generación de aire en una día de producción.

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Costos debido a fugas en la red de aire comprimido.**

En la sección 3.3 se determinó que el caudal eliminado debido a fugas en la red de aire corresponde a 4NI/s, el costo en energía que esta fuga origina será calculado multiplicando este caudal por el costo por caudal del compresor GA 408, el cual, como ya se dijo, se encontraba funcionando a la hora de realizar la medición.

Se obtiene entonces el siguiente resultado:

$$\text{Costo} = 115.200 \text{ NI/día} * 0,003404 \text{ \$/NI} = 392,14 \text{ \$/día}$$

❖ **Costos debido a pérdidas de carga**

La potencia que consumen las pérdidas de presión fueron calculadas a partir de:

$$\text{Potencia (W)} = \text{Presión (Pa)} \times \text{Caudal} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{s}} \right)$$

El detalle de cálculo se encuentra en el Anexo B.

De esta forma, se puede obtener el costo equivalente a estas pérdidas de carga, para un día de trabajo:

Planta Decorativo

	kWh	Costo (\$/día)
Accesorios	114,114	2.624,624
Tubería	16,406	377,340
Total	130,520	3.001,964

Planta Industrial

	kWh	Costo (\$/día)
Accesorios	1,196	27,514
Tubería	0,397	9,133
Total	1,593	36,648

Planta Pintura en Polvo

	kWh	Costo (\$/día)
Accesorios	1,916	44,077
Tubería	1,876	43,153
Total	3,793	87,230

Planta Aerosol

	kWh	Costo (\$/día)
Accesorios	1,193	27,433
Tubería	1,221	28,072
Total	2,413	55,505

Planta Resina

	kWh	Costo (\$/día)
Accesorios	6,810	156,635
Tubería	14,287	328,604
Total	21,097	485,239

Mantenimiento		
---------------	--	--

	kWh	Costo (\$/día)
Accesorios	1,074	24,712
Tubería	3,236	74,433
Total	4,311	99,146

Bodega de Materia prima		
-------------------------	--	--

	kWh	Costo (\$/día)
Accesorios	0,467	10,737
Tubería	0,628	14,449
Total	1,095	25,186

Total	164,822	3.790,916
--------------	----------------	------------------

Tabla 19, Costo diario por pérdidas de carga.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

❖ Pérdidas de carga y fuga

Las pérdidas por fuga como se calculó en la sección 3.4, ascienden a 4NI/s, y equivalen a 5,7% del caudal de aire del compresor GA 408, utilizado a la hora de determinar el caudal de aire perdido en fugas, como se observa, este porcentaje de aire perdido por fuga está dentro del valor máximo establecido, equivalente a un

10%, pero no por eso se debe descuidar la instalación y despreocuparse de ella, ya que esta pérdida está aumentando los costos de producción y los seguirá aumentando aun más si no se le realizan las mantenciones debidas.

Por lo tanto, una inspección periódica de la red y con ello la reparación de aquellos lugares en que se detecten las fugas hará disminuir los costos de energía por generación de aire y evitará que los mismos sigan creciendo debido a un aumento de las fugas en la red.

En cuanto a las pérdidas de carga, se puede observar en la tabla 15, que llegan a un valor de 4,1bar_g aproximadamente, excediendo el valor máximo de 0,14bar_g ampliamente, incluso si este valor se compara con las plantas de producción, la principal causa es el diámetro que poseen las tuberías, éste es demasiado pequeño para el caudal de aire que circula por ellas, haciendo que la velocidad del flujo de aire en el interior de la misma sea muy alta y ocasione, por ello, elevadas pérdidas de presión.

❖ Evaluación del diseño actual

- Como se observó en la tablas 8 y 9, la capacidad de generación de aire que los compresores poseen no es suficiente para satisfacer la demanda de la red actual de la empresa, siendo necesario comprar otro compresor de aproximadamente 10.000NI/min.
- La red de aire presenta humedad como lo demuestra el resultado de 0,00171kg vapor de agua/kg de aire seco, por lo cual, se hace necesaria la utilización de un secador que elimine el vapor de agua presente en la red, éste debe tener un punto de rocío inferior al encontrado anteriormente, igual a 18,4°C.
- Según los requerimientos de las máquinas neumáticas que la empresa utiliza, se hacen imprescindibles filtros – reguladores y filtros - reguladores - lubricadores, con la finalidad de que el aire que llegue a las máquinas no sólo

llegue seco, sino que también limpio, algunas máquinas poseen, como se puede ver en la tabla 11, pero muchos se encuentran en mal estado.

- La tabla 12 muestra un ejemplo de las velocidades obtenidas en las tuberías de la red de aire, como se observa en ella y en las tablas en Anexo B, las velocidades que estas tuberías llevan es muy superior a las máximas permitidas, lo que trae como consecuencia excesivas pérdidas de carga, estas altas velocidades se deben a diámetros de tuberías muy pequeños, por lo cual, se deben recalcular éstos de tal forma que cumplan con el límite de velocidad exigido y con ello disminuyan las pérdidas de carga.
- Existen tuberías inutilizadas, que al ser eliminadas provocarán una disminución de las pérdidas de carga presentes en la red.
- Utilización arbitraria de tuberías de cobre.
- Las tuberías de aire no se encuentran pintadas.
- Las tuberías no poseen pendiente, lo que provoca que el vapor de agua condensado sea trasladado hacia los consumidores.
- No se realizan mantenciones a la red de aire.
- Fugas en varios sectores de la red de aire.
- Se observa también que las tomas de aire, o las bifurcaciones de línea secundaria a línea de servicio se hacen desde abajo y no como cuello de cisne, trasladando condensado hacia los puntos de utilización de aire.

- La arquitectura de la empresa y distribución de las máquinas hacen dificultosa la tarea de elaborar una red de aire sin tantas bifurcaciones, teniendo que muchas veces adoptar la forma del edificio.

- Además de las anomalías encontradas en la Red de aire, se pueden observar otras relacionadas con la antigüedad de las máquinas y con la operación de las mismas, lo que afecta a su operación normal, pudiendo ser muchas veces causantes de que éstas no funcionen o no lo hagan bien.

- Debido a que la empresa trabaja a pedido, ocasiona que no exista una organización en cuanto a producto o a horas de trabajo en cada máquina, por lo que impide distribuir el funcionamiento de ellas con la finalidad de que no funcionen simultáneamente y se necesite, por tanto, una menor cantidad de caudal de aire para la red.

- Se puede hacer un ahorro considerable al eliminar las fugas de aire y las pérdidas de carga de la red, las cuales ascienden a \$ 1.087.600 anuales.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Luego de realizar el diagnóstico de la situación actual, se presenta el rediseño de la Red de Aire Comprimido, el que eliminará las deficiencias encontradas en la red actual, como se observa a continuación.

4.1 REDISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO

El diagnóstico de la Red de Aire comprimido de *Industrias Ceresita S.A.*, mostrado en el Capítulo 3, permite conocer detallada y ampliamente la situación en la que ésta se encuentra y de esta forma llegar a la conclusión de mejorar dicha red, con la finalidad de eliminar aquellas anomalías encontradas y proporcionar de esta forma, una red de aire que permita el normal y correcto funcionamiento de la empresa.

El procedimiento a seguir para el rediseño es el siguiente:

1. *Adquisición de un compresor adicional*

Como se observa en la Tabla 9, en el Capítulo 3, el caudal requerido por las máquinas neumáticas excede el caudal de aire generado por los compresores, más aun si se le suma el 10% equivalente a pérdidas por fuga y el 20% correspondiente a futuras ampliaciones, llegando a un valor de 19.447,444NI/min, por lo cual, se encuentra un déficit de aire comprimido igual a 9.355,444NI/min.

Por ello, se hace necesaria la compra de un nuevo compresor que proporcione el caudal de aire faltante para el correcto funcionamiento de la Red.

De esta forma, se concluye que se necesita un compresor de aproximadamente 10.000NI/min, el cual sumado al caudal de los compresores existentes en la planta (10.092NI/min), serían capaces de suministrar el aire necesario para cada planta productiva.

Se cotizaron compresores de tornillo que trabajaran a 7 bar_g y suministraran un caudal de 10.000NI/min, eligiéndose el compresor GA 55 AFF 8 bar WP EL II, de tornillo con secador incorporado, de Atlas Copco, en base a sus características: (detalladas en Anexo A) y a su precio.

Las características principales son las siguientes:

Compresor	Caudal (NI/min)	Potencia (kW)	Tipo de regulación
GA 55 AFF	10.500	70	Arrancador estrella - triángulo

Tabla 20, Características compresor GA 55.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la sala de compresores actual es muy pequeña como para situar en ella otro compresor y además el secador de aire, se rediseñarán dos redes; Red 1, compuesta por las plantas de Pintura Decorativa e Industrial, como también por los Laboratorios y Bodega de Materias Primas, la otra red, Red 2, comprenderá la Planta de Resinas, Pintura en Polvo y Aerosol, además de las secciones de Moda Color, Mantenimiento y Taller Eléctrico.

El caudal que ambas redes necesitan es el siguiente:

Red 1	
Planta	Caudal de aire (NI/min)
Decorativo	5.831.302
Industrial	1.330,871
Bodega de Materias primas	552,5
Total actual	7.714,673
10% fugas	771,467
20% futuras ampliaciones	1.542,935
Total requerido	10.029,075

Tabla 21, Caudal de aire libre requerido, Red 1.

Fuente: Elaboración propia.

Red 2	
Planta	Caudal de aire (NI/min)
Aerosol	1.459,28
Pintura en Polvo	1.646,25
Resinas	2.631,48
Bombas estanques de MP	1.507,89
Total actual	7.244,42
10% fugas	724,44
20% futuras ampliaciones	1.448,88
Total requerido	9.417,75

Tabla 22, Caudal de aire libre requerido, Red 2.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los compresores actuales pueden suministrar aire sin problema a la Red 1, por lo cual no es necesario cambiarlos de lugar o hacer algún otro cambio.

En cuanto a la Red 2, tampoco tendría problemas, ya que el compresor ha adquirir supera este valor de aire requerido.

2. Adquisición de secador de aire

La humedad que posee el aire comprimido de la red, equivalente a 0,0017kg de vapor de agua/kg de aire seco, determinada en el punto 3.3, lleva a considerar necesaria la adquisición de un secador de aire, debido a que el vapor de agua que el aire contiene llega a las máquinas convertido en agua, ocasionando daños a las mismas y pudiendo afectar la calidad del producto.

Para determinar el secador adecuado para la red, se determinó la temperatura de punto de rocío del aire, igual a 18,4°C, por lo cual el secador debe tener una temperatura de punto de rocío inferior a ésta para garantizar la condensación del vapor de agua.

Se adquirirá un secador de aire para los dos compresores existentes hoy y que suministrarán aire a la Red 1, al igual que con el compresor, se cotizó secadores frigoríficos de aire que cumplieran con las características de caudal de aire y temperatura de punto de rocío, siendo elegido el secador frigorífico FX 13 por ser el más económico. las características principales de éste son las siguientes:

Secador	Temperatura de punto de rocío	Potencia
Secador frigorífico FX 13	3°C	4.1kW

Tabla 23, Principales características de Secador FX 13.

Fuente: Elaboración propia.

Para la Red 2, no es necesario un secador, ya que el compresor de esta red incorpora un secador de aire, cuyo punto de rocío es de 3°C.

3. Adquisición de acumulador de aire

En la sección 3.3, se evaluó la capacidad de los acumuladores existentes en la red, y como se pudo observar, los acumuladores actuales tienen una capacidad superior a la requerida, por lo cual, no es necesario cambiar éstos. De todas formas para la Red 2 si es necesaria la compra de un acumulador de aire, cuya capacidad es la siguiente:

$$V = 75 * 94,5CV$$

$$V = 7.088l$$

4. Adquisición accesorios de tratamiento de aire

Las máquinas neumáticas existentes en la empresa necesitan aire limpio y seco, como se expuso en la sección 3.3, por lo que se hace necesaria la compra de filtros reguladores para aquellas que no los poseen o que se encuentran en mal estado, como se observa en la tabla 11.

Se comprarán además purgas automáticas para los acumuladores, así se podrá eliminar cada cierto tiempo el agua que se condense en ellos y evitará malgastar aire comprimido en esta operación que se realiza manualmente.

5. Adquisición de tuberías

Las tuberías a utilizar serán de acero galvanizado, cédula 40, como las que se están utilizando actualmente, ya que son las recomendadas por las empresas neumáticas.

Como la mayoría de las tuberías de la red son de 1/2", no son consideradas dentro de las adquisiciones ya que serán reutilizadas todas aquellas que se encuentren en buenas condiciones, al igual que los accesorios existentes a lo largo de la red.

Los diámetros serán obtenidos mediante la ecuación 5, a través del caudal de aire que circula por las tuberías y la velocidad máxima permitida según tipo de tubería, como ya se expuso en el Capítulo 2, de esta forma, se obtendrá también la longitud de tubería que se necesita de cada diámetro.

La tabla siguiente muestra algunos resultados, el detalle se puede observar en el plano de la red que se encuentra en Anexo C.

Compresor					
Tipo tubería	Velocidad (in/min)	Caudal (Nm ³ /min)	Caudal (Nin ³ /min)	Diámetro (in)	Largo tubería (cm)
principal	18.897,637	10,5	640.749,313	6,57	100
principal	18.897,637	10,5	640.749,313	6,57	50
principal	18.897,637	10,5	640.749,313	6,57	200
principal	18.897,637	10,5	640.749,313	6,57	300

Tabla 24, Ejemplo cálculo de diámetro tuberías sala de compresores Red 1.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la tubería necesaria es de 7", pero, como se puede ver en Anexo A, existen accesorios de hasta 4" de diámetro, por lo cual, el tamaño máximo de tubería a utilizar será éste, lo cual no aumenta en nada las pérdidas de carga del sistema, ya que para un caudal de 10,5Nm³/min la pérdida de carga en una tubería de 4" es cero.¹

La cantidad de tuberías y accesorios a utilizar por planta se observa a continuación:

Accesorios a utilizar Red 1:

Planta Decorativo	
Accesorio	Cantidad
Codo 4"	22
Te 4"	4
Válvula 4"	8
Codo 3"	5

³ Ver tabla B – 12 a en Anexo A.

Te 3"	4
Válvula 3"	2
Codo 2"	4
Te 2"	6
Válvula 2"	1
Codo 1 1/2"	3
Te 1 1/2"	12
Válvula 1 1/2"	4
Codo 1"	2
Te 1"	8
Válvula 1"	4
Codo 3/4"	4
Te 3/4"	9
Válvula 3/4"	1
Total	103

Planta Industrial

Accesorio	Cantidad
Te 2"	6
Válvula 2"	2
Codo 1"	12
Te 1"	6
Codo 3/4"	2
Te 3/4"	1
Válvula 3/4"	2
Total	31

Bodega Materias Primas

Accesorio	Cantidad
------------------	-----------------

Codo 1"	3
Te 1"	4
Válvula 1"	2
Codo 3/4"	1
Válvula 3/4"	1
Total	11

Total	145
--------------	------------

Tabla 25, Accesorios Red 1.

Fuente: Elaboración propia.

Tubería a utilizar Red 1:

Planta Decorativo

Tubería	Cantidad (por 6m)
4"	7
3"	9
2"	6
1 1/2"	15
1"	5
3/4"	8
Total	50

Planta Industrial

Tubería	Cantidad (por 6m)
2"	3
1 1/2"	4
1"	3

3/4"	4
Total	14

Bodega Materias Primas

Tubería	Cantidad (por 6m)
1 1/2"	18
Total	18

Total	82
--------------	-----------

Tabla 26, Tuberías Red 1.

Fuente: Elaboración propia.

Para la **Red 2**, los resultados son los siguientes:

Accesorios a utilizar Red 2:

Planta Aerosol

Tipo	Cantidad
Codo 4"	13
Te 4"	2
Válvula 4"	6
Copla 4"	2
Unión americana 4"	2
Te 2"	1
Unión americana 2"	2
Copla 2"	1
Te 1 1/2"	3
Copla 1 1/2"	3

Te 1"	1
Codo 3/4"	1
Te 3/4"	1
Válvula 3/4"	2
Total	40

Pintura en Polvo

Tipo	Cantidad
Te 4"	4
Válvula 4"	2
Unión americana 4"	2
Codo 3"	2
Válvula 3"	1
Codo 1 1/2"	5
Te 1 1/2"	6
Copla 1 1/2"	1
Codo 1"	6
Total	29

Planta Resinas

Tipo	Cantidad
Te 4"	3
Codo 3"	8
Válvula 3"	3
Codo 2 1/2"	9
Te 2 1/2"	3
Unión americana 2 1/2"	1
Te 2"	3
Copla 2"	2

Codo 1 1/2"	2
Válvula 1 1/2"	1
Codo 1"	6
Te 1"	7
Codo 3/4"	3
Válvula 3/4"	3
Total	54

Total	123
--------------	------------

Tabla 27, Accesorios Red 2.

Fuente: Elaboración propia.

Tuberías a utilizar en la Red 2:

Planta Aerosol

Tuberías	Cantidad (por 6m)
4"	6
2"	1
1 1/2"	2
1"	1
3/4"	1
Total	11

Planta Pintura en Polvo

Tuberías	Cantidad (por 6 m)
4"	6
3"	5
1 1/2"	4

1"	2
Total	17

Planta Resina

Tuberías	Cantidad (por 6 m)
3"	2
2 1/2"	5
2"	4
1 1/2"	2
1"	5
3/4"	3
Total	21

Total	49
--------------	-----------

Tabla 28, Tuberías Red 2.

Fuente: Elaboración propia.

6. Reducir pérdidas de carga y fuga

En el diagnóstico de la *Red de Aire Comprimido* que posee actualmente la empresa, se obtuvo valores altísimos de pérdidas de carga, lo cual se debe principalmente a que las tuberías no poseen el diámetro adecuado para trasladar el caudal de aire produciendo demasiado roce entre ambos al llevar el aire una velocidad superior a la máxima aceptable, se puede observar además, gran cantidad de accesorios y tuberías inutilizadas, los cuales sólo aumentan las pérdidas, tanto de carga como de fuga.

En los nuevos diseños, las fugas han disminuido por completo, reparando o eliminando aquellos sectores en que han sido encontradas, por otro lado, las pérdidas de carga han disminuido casi completamente debido al aumento de

diámetro de las tuberías, como se puede observar en las tablas 29 y 30, todavía existen pérdidas de carga, pero su valor se encuentra dentro del valor permitido de 0,14bar_g.

Pérdida de carga Red 1:

Planta Decorativa		
	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,0300	0,0251
Tuberías	0,0300	0,0175
Total	0,0600	0,0426

Planta Industrial		
	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,00602	0,00486
Tuberías	0,00440	0,00353
Total	0,01042	0,00839

Bodegas de Materias Primas		
	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,00139	0,260
Tuberías	0,00207	0,000388
Total	0,00346	0,261

Total	0,0734	0,311
--------------	---------------	--------------

Tabla 29, Pérdidas de carga y Potencia consumida Red 1.

Fuente: Elaboración propia.

Pérdidas de carga para la Red 2:

Planta Aerosol		
	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,00290	0,001912
Tuberías	0,00110	0,000828
Total	0,00400	0,00274

Planta Pintura en Polvo		
	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,00488	0,00403
Tuberías	0,00270	0,00246
Total	0,00758	0,00649

Planta Resinas		
	Pérdida (bar)	Potencia (kW)
Accesorios	0,0105	0,0145
Tuberías	0,0102	0,0114
Total	0,0207	0,0259

Total	0,0323	0,0352
--------------	---------------	---------------

Tabla 30, Pérdidas de carga y Potencia consumida Red 2.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el costo en energía de los nuevos diseños es el siguiente:

	Potencia (kWh)	Costo (\$/día)
Red 1	2,488	57,22
Red 2	0,2816	6,477
Total	2,7696	63,697

Tabla 31, Costo diario energía consumida, nuevos diseños.

Fuente: Elaboración propia.

7. Diseño de las nuevas redes

De acuerdo a lo anterior, las nuevas redes contarán con los siguientes elementos:

- Compresor.
- Secador.
- Acumulador.
- Filtros.
- Filtros – reguladores.
- Filtros – reguladores – lubricadores.
- Purgas automáticas.
- Distribución en anillo (en aquellos sectores en que la estructura del edificio y localización de las máquinas lo permita).
- Distribución abierta con pendiente de 3%.
- Tomas de aire con forma de cuellos de cisne.

En el rediseño de la red de aire comprimido, se trató de aprovechar al máximo la actual disposición que ésta tiene, de modo de no realizar cambios tan drásticos ni incurrir en una inversión más elevada. Se tenían varios recorridos a seguir, pero se escogió aquel más corto, ya que representaba menos pérdidas de carga y ahorro en la compra de tubería.

En los planos de las nuevas redes y en el Anexo B se encuentran los diámetros que debe tener cada tubería.

❖ **Diseño Red de Aire Comprimido 1**

Teniendo en cuenta lo anterior, la **Red 1** conserva la sala de compresores, tal como está, sólo se instala el secador de aire y se cambian las tuberías por otras de mayor diámetro (4”).

Desde el acumulador sube una tubería hacia la sala de compresores y entra al secador de aire, luego de éste se distribuye el aire hacia los estanques de materia prima y hacia el segundo piso de la planta flexible.

En la zona de estanques de materia prima serán cambiadas algunas tuberías por otras de mayor diámetro, pero se conservará el diseño actual que ésta tiene, eliminándose las salidas hacia la Planta de Resina, Pintura en Polvo, Aerosol e Industrial, pero añadiéndose una tubería que proporcionará aire a las etiquetadoras y a las bombas en color mix, además de la bomba EB2 – M ubicada bajo los estanques.

El segundo piso de la planta flexible conservará su forma de anillo, sufriendo cambios de tuberías en algunos sectores y la adición de tuberías que bajarán hasta el primer piso y suministrarán aire a las envasadoras y bombas de esa zona, además desde allí, saldrá una tubería hacia el acumulador 2, conectando de esta forma la zona de Pintura Industrial a la Red.

Desde el acumulador 2 hacia la zona de Pintura Industrial, se eliminarán tuberías innecesarias y se incluirá la máquina Cowle 6, en esta zona se conservará la salida hacia laboratorios y Bodega de Materias Primas, como también hacia color mix (de Planta Industrial), molinos de inmersión, máquinas de termocontraído, tapadora de baldes y zona de permill (Pintura Industrial).

En laboratorios se eliminaron tuberías innecesarias.

En bodega de Materia Prima se conservó el diseño de la red, sólo se eliminó la tubería que suministraba aire a las máquinas de termocontraído, tapadora de baldes y molinos de inmersión, ya que, como se dijo anteriormente éstas máquinas serán incluidas en otra distribución de aire.

Desde color mix saldrá una tubería hacia los molinos de inmersión y hacia la zona de Permill, la cual tiene una disposición en anillo que será conservada, sólo se

cambiarán algunos tramos de tubería y eliminarán otras innecesarias, desde ahí se suministrará aire a la máquina Cowle 6 y a la bomba que ésta ocupa.

❖ **Diseño Red de Aire Comprimido 2**

En la red de aire comprimido 2 se deberá encontrar un lugar para instalar la sala del compresor y el acumulador de aire, para ello se consultó con el Gerente de Operaciones y con el Jefe de Mantenimiento, llegando a la conclusión de que el mejor lugar es entre Mantenimiento y Gas, como se observa en el plano adjunto.

Desde este lugar se suministrará aire a Gas, zona que conservará su diseño, cambiando sólo sus tuberías por unas de mayor diámetro y eliminando aquellas innecesarias.

Aerosol, tendrá cambios en sus tuberías y en su diseño, disminuyendo la cantidad de tuberías y accesorios a utilizar, desde aquí saldrá una tubería hacia Pintura en Polvo, la cual proporcionará aire al laboratorio y a los molinos y extruder, en esta zona se distribuirá en forma de anillo y se cambiarán las tuberías por otras de distinto diámetro, desde esta zona se suministrará aire a Mantenimiento y, por otro lado, a Resinas y a las bombas que se encuentran frente a dicha planta.

En la zona de bombas, frente a resinas se cambió esencialmente el diámetro de las tuberías y desde ahí se tendió una tubería hacia Resinas, como la que está actualmente, de la misma sale una tubería hacia la bomba de solvente sucio.

En Resinas, se eliminaron muchas tuberías que no son ocupadas y se distribuyó la tubería de forma de evitar desvíos innecesarios que sólo contribuyen al aumento en los costos.

CAPÍTULO 5

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Todo proyecto debe ser organizado en el tiempo, con la finalidad de implementarlo en el corto plazo y no pasar por alto algún detalle fundamental para que funcione correctamente, es por ello que se presenta el plan de implementación del rediseño de la Red de Aire

Comprimido de Industrias Ceresita S.A.

5.1. INTRODUCCIÓN

El plan de implementación se centrará en organizar el trabajo de construcción de la red, junto con el tiempo que tomará construir cada una de las etapas.

Se partirá construyendo la Red 2, debido a que tiene menos impacto en las operaciones de la empresa, y tomará un menor tiempo de construcción, para luego continuar con la construcción de la Red 1, la cual tiene una importancia mayor para la empresa ya que es la encargada de suministrar aire comprimido a las Plantas de Pintura Industrial y Decorativa, siendo la Planta Decorativa la más importante de la empresa, en cuanto a nivel de producción, tal como se expuso en el Capítulo 2.

La carta Gantt mostrada posteriormente detallará de mejor forma estas actividades y su tiempo de construcción.

5.2. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Red 1

Esta Red como ya se mencionó en el Capítulo 4, no sufrirá grandes cambios en su estructura, éstos radicarán principalmente en cambios en el diámetro de las tuberías y eliminación de aquellas no necesarias y que contribuyen a aumentar las pérdidas de carga y de fuga.

Las etapas de construcción son las siguientes:

❖ Cambios sala de compresores

- Desinstalar tubería antigua desde sala de compresores a acumulador.
- Instalar tubería nueva (4") sala de compresores a acumulador.
- Desinstalar tubería antigua desde acumulador a estanques de materia prima 1^{er} piso.
- Instalar tubería desde acumulador a secador en sala de compresores.
- Instalar secador.

- Conectar tubería desde secador a segundo piso estanques de materia prima y a segundo piso planta flexible.
- Desinstalar tuberías en estanques de materia prima.
- Cambiar tuberías en estanques de materia prima.
- Instalar tubería que suministrará aire a primer piso planta flexible.

❖ **Cambios segundo piso planta flexible**

- Desinstalar tuberías en segundo piso planta flexible.
- Cambiar tuberías segundo piso planta flexible.
- Instalar tuberías que proporcionarán aire a primer piso planta flexible.
- Desinstalar tuberías primer piso planta flexible.

❖ **Cambios hacia acumulador 2**

- Construir soporte hacia acumulador 2.
- Conectar tubería desde segundo piso planta flexible a Acumulador 2.
- Desconectar tubería desde estanques de materia prima hacia Acumulador 2.
- Cambiar tuberías.
- Cambiar tuberías hacia bodega de materias primas.
- Eliminar tuberías innecesarias.
- Cambiar tuberías hacia laboratorio.

❖ **Cambios Planta Industrial**

- Conectar tubería desde color mix a molinos de inmersión.
- Conectar tubería desde color mix hacia tapadora de baldes y termocontraído.
- Cambiar tuberías en Zona Permill.
- Eliminar tuberías innecesarias en Zona Permill.

La Carta Gantt siguiente muestra las etapas de construcción y su duración:

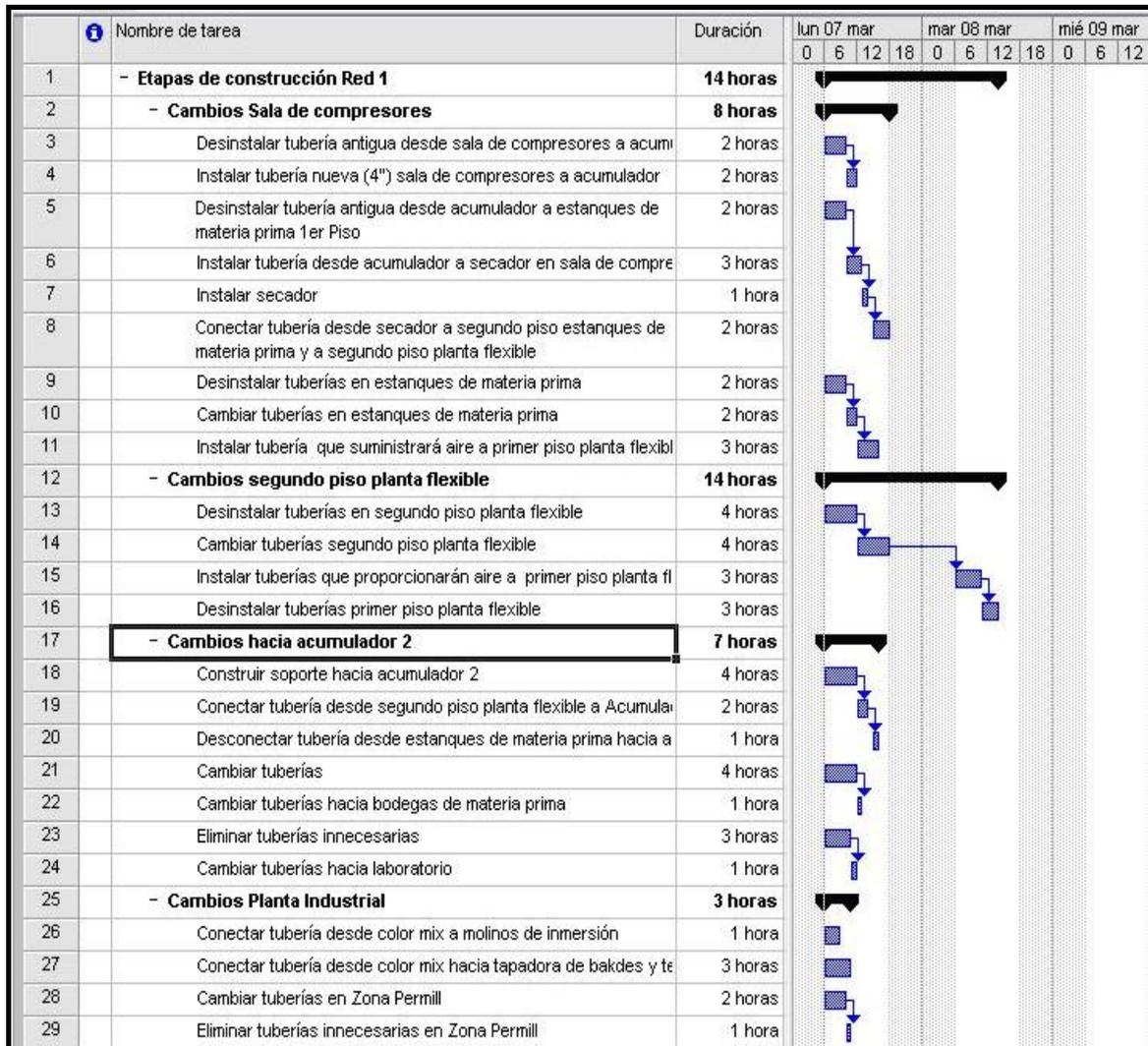


Figura 32, Etapas construcción Red 1.
Fuente: Elaboración propia.

Red 2.

Como ya se expuso esta red es la encargada de suministrar aire a las Plantas de Pintura en Polvo, Aerosol y Resinas, y a las bombas ubicadas frente a esta última, para ello es necesaria la instalación del compresor adquirido y del acumulador de aire, por lo tanto, se debe construir una sala de compresores, la cual estará ubicada entre Mantenimiento y Gas, como

se detalla en el plano, posteriormente se instalarán y conectarán las tuberías, procurando siempre dejar conectada la tubería nueva a la antigua al final de cada día de trabajo para así no interrumpir el normal funcionamiento de la planta. La construcción será realizada los sábados, por ello es tan importante mantener las conexiones de aire mientras se finaliza el trabajo.

Las etapas de construcción son las siguientes:

❖ **Cambios sala de compresores**

- Construcción sala de compresores.
- Instalar compresor.
- Instalar acumulador.
- Cambiar tuberías desde sala de compresores a Gas.
- Cambiar tuberías desde Gas a Aerosol.

❖ **Cambios en Planta Aerosol**

- Eliminar tuberías innecesarias.
- Cambiar tuberías.
- Conectar tubería desde Aerosol a Planta de Pintura en Polvo.

❖ **Cambios en Pintura en Polvo**

- Desconectar tubería desde Estanques de Materia prima a Planta de Pintura en Polvo.
- Construir soportes para tubería que formará el anillo.
- Cambiar tuberías.
- Conectar tubería desde Planta de Pintura en Polvo a Bombas frente a Resinas.
- Conectar tubería desde Pintura en Polvo a Mantención-
- Desconectar tubería desde estanques de materia prima a mantención.

❖ **Cambios en Resina**

- Cambiar tuberías en zona de bombas.

Por otro lado, si se contratara el servicio, el tiempo de construcción disminuiría, pero el costo sería considerablemente superior, ascendiendo a los 8 millones en un mes de trabajo.

Recomendaciones

- ❖ Las conexiones se deben montar de tal forma que, cuando se produzcan fluctuaciones de temperatura, puedan desarrollarse las variaciones longitudinales sin tensiones ni deformaciones. La consecuencia que trae un montaje defectuoso es el encorvamiento del tubo y con ello la acumulación de agua.
- ❖ No deben hacerse nuevas tomas o salidas de aire en tuberías existentes sin comprobar antes si sus diámetros son todavía suficientes para suministrar una cantidad adicional de aire comprimido.
- ❖ Colocar llaves de paso en las tuberías principales y secundarias, con la finalidad de que se puedan revisar las tuberías o hacer nuevas derivaciones de las mismas sin necesidad de esperar a que se produzca un tiempo de parada o de tener que dejar fuera de servicio a los compresores.
- ❖ Cuando se forma un cambio de pendiente o de dirección, debe preverse una toma para colocar una purga, puesto que el agua de condensación quedará estancada en él.
- ❖ Se debe exigir calidad en todos los elementos que conforman la red de aire comprimido, ya que esto garantiza un servicio continuo y permanente y, por lo tanto, una economía a largo plazo.
- ❖ Se requiere una inspección periódica de la red de aire comprimido de manera que esté siempre activo.

- ❖ Se debe disponer de una ficha que detalle los elementos que componen la red, indicando la fecha de revisión de cada uno de ellos, así como con las recomendaciones del fabricante o instalador para su mantenimiento.

- ❖ Al detectar una fuga de aire o un mal funcionamiento de cualquier elemento del sistema neumático, se debe reparar inmediatamente, ya que es menos costoso reemplazar una llave que tener una pérdida de aire.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS ECONÓMICO

Ya elaborado el nuevo proyecto sólo queda establecer los costos en los que habrá que incurrir para llevarlo a cabo, los cuales al compararlos con la situación actual determinarán desde el punto de vista económico si es conveniente su realización

6.1. INTRODUCCIÓN

Luego de diseñar la nueva **Red de Aire Comprimido** y de dar a conocer las ventajas de su implementación, se deberán establecer aquellas inversiones a realizar y los costos en que se incurrirá al llevar a cabo la implementación del mismo.

Como se expuso en el Capítulo 2, será la teoría de costos relevantes la vía a establecer si es conveniente o no la realización del proyecto, se utiliza dicha teoría debido a que la implementación de la nueva red no influye en la producción de la empresa, por lo cual no se perciben mayores ingresos, sino, más bien una reducción de los costos.

6.2. SITUACIÓN ACTUAL

La situación actual es una situación sin proyecto, por lo cual, no se realizan inversiones, sólo hay que contemplar los costos que la Red de Aire Comprimido actual tiene para la empresa.

6.2.1. Costos Red de Aire Comprimido actual

- ❖ Como se expuso en la problemática, 13% de los costos de Mantenimiento equivalen a cambios de filtros – reguladores – lubricadores, los cuales son cambiados a 20 bombas cada año. El costo anual es el siguiente:

Elemento	Cantidad (unidades)	Precio (\$)	Total (\$)
Filtro – Regulador - Lubricador	20	45.710	914.200

Tabla 34, Costo anual de mantenimiento debido a humedad.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Costos de energía por pérdidas de carga.

En la tabla 19 del Capítulo 3 se puede observar las pérdidas de carga de la Red de Aire Comprimido Actual, como también el costo diario que éstas tienen, considerando 260 días de trabajo (de lunes a viernes) anuales, se obtuvo el costo de estas pérdidas, como se muestra en la tabla 35:

Costo diario por pérdida de carga (\$)	Costo anual por pérdida de carga (\$)
3.790,916	985.640

Tabla 35, Costo anual por pérdidas de carga.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Las pérdidas por fugas obtenidas en el Capítulo 3, fueron multiplicadas por 260 días para así obtener el costo anual.

Costo diario por fugas (\$)	Costo anual por fugas (\$)
392,14	101.960

Tabla 36, Costo anual por fugas.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Costo anual energía compresores GA 408 y GA 37, el costo diario de energía, detallado en la tabla 18, se multiplica por 260 días, para obtener el valor anual, que se observa en la tabla 37:

Costo diario (\$)	Costo anual (\$)
13.698,17	3.561.524

Tabla 37, Costo anual energía compresores.

Fuente: Elaboración propia.

En este costo anual están incluidas las pérdidas de carga y fuga, las que ocasionan que el compresor funcione 8 horas, por lo que se deberá restar estos valores, obteniéndose el costo de energía mostrado en la tabla 38:

	Costo anual (\$)
Energía compresores	3.561.524
Fugas	101.960
Pérdidas de carga	985.640
Energía consumida	2.473.924

Tabla 38, Costo anual energía consumida compresores.

Fuente: Elaboración propia.

❖ Costos horas extra trabajadas

La falta de aire y presión traen como consecuencia paros de producción debiendo parte del personal trabajar horas extras, este costo asciende a: \$3.120.000 anuales, equivalentes a 6 personas trabajando 6 horas extras a la semana.

❖ Costo mantención compresor GA 408 y GA 37

Los compresores reciben mantención a las 1.000, 4.000, 8.000 y 25.000 horas, las cuales tienen valores de: \$127.000, \$235.000, \$387.000 y \$1.380.000 respectivamente, en Anexo A se detalla el cálculo de estas mantenciones.

6.3. SITUACIÓN CON PROYECTO

6.3.1. Inversiones

- ❖ Secador de aire FX 13, marca Atlas Copco.

Elemento	Precio (US\$)	Valor dólar(\$)	Precio (\$)
Secador de aire	8.870	577	5.117.990

Tabla 39, Valor secador de aire.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Compresor GA 55 AFF 8 bar WP EL II, de tornillo con secador incorporado.

Elemento	Precio (US\$)	Valor dólar(\$)	Precio (\$)
Compresor	26.220	577	15.128.940

Tabla 40, Valor compresor.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Tuberías.

Tuberías a utilizar en la Red 1.

Planta Decorativo		
Tubería (in)	Cantidad (por 6m)	Costo (\$)
4"	7	641.718
3"	9	583.479
2"	6	187.314

1 1/2"	15	350.085
1"	5	71.950
3/4"	8	73.976
Total		1.908.522

Planta Industrial

Tubería (in)	Cantidad (por 6m)	Costo (\$)
2"	3	93.657
1 1/2"	4	93.356
1"	3	43.170
3/4"	4	36.988
Total		267.171

Bodega Materias Primas

Tubería (in)	Cantidad (por 6m)	Costo (\$)
1 1/2"	18	420.102
Total		420.102

Total		2.595.795
--------------	--	------------------

Tabla 41, Valor tuberías Red 1.

Fuente: Elaboración propia.

Tuberías a utilizar en la Red 2

Planta Aerosol

Tuberías (in)	Cantidad (por 6m)	Costo (\$)
4"	6	550.044

2"	1	31.219
1 1/2"	2	46.678
1"	1	14.390
3/4"	1	9247
Total		651.578

Planta Pintura en Polvo

Tuberías (in)	Cantidad (por 6m)	Costo (\$)
4"	6	550.044
3"	5	324.155
1 1/2"	4	93.356
1"	2	28.780
Total		996.335

Planta Resina

Tuberías (in)	Cantidad (por 6m)	Costo (\$)
3"	2	129.662
2 1/2"	5	249.870
2"	4	124.876
1 1/2"	2	46.678
1"	5	71.950
3/4"	3	27.741
Total		650.777

Total		2.298.690
--------------	--	------------------

Tabla 42, Valor tuberías Red 2.

Fuente: Elaboración propia.

❖ Accesorios.

Red 1:

Planta Decorativo

Accesorio	Cantidad	Costo (\$)
Codo 4"	22	208.098
Te 4"	4	66.932
Válvula 4"	8	293.376
Codo 3"	5	27.245
Te 3"	4	26.140
Válvula 3"	2	48.888
Codo 2"	4	6.308
Te 2"	6	13.296
Válvula 2"	1	7.896
Codo 1 1/2"	3	4.077
Te 1 1/2"	12	18.372
Válvula 1 1/2"	4	22.176
Codo 1"	2	982
Te 1"	8	5.392
Válvula 1"	4	8.400
Codo 3/4"	4	1.280
Te 3/4"	9	4.320
Válvula 3/4"	1	1.320
Total		764.498

Planta Industrial

Accesorio	Cantidad	Costo (\$)
Te 2"	6	13.296
Válvula 2"	2	15.792

Codo 1"	12	5.892
Te 1"	6	4.044
Codo 3/4"	2	640
Te 3/4"	1	480
Válvula 3/4"	2	2.640
Total		42.784

Bodega Materias Primas

Accesorio	Cantidad	Costo (\$)
Codo 1"	3	1.473
Te 1"	4	2.696
Válvula 1"	2	4.200
Codo 3/4"	1	320
Válvula 3/4"	1	1.320
Total		10.009

Total		817.291
--------------	--	----------------

Tabla 43, Valor accesorios Red 1.

Fuente: Elaboración propia.

Red 2:

Aerosol

Tipo	Cantidad	Costo (\$)
Codo 4"	13	122.967
Te 4"	2	33.466
Válvula 4"	6	220.032
Copla 4"	2	15.994
Unión americana 4"	2	77.092
Te 2"	1	2.216

Unión americana 2"	2	14.832
Copla 2"	1	1.165
Te 1 1/2"	3	4.593
Copla 1 1/2"	3	2.229
Te 1"	1	674
Codo 3/4"	1	320
Te 3/4"	1	480
Válvula 3/4"	2	2.640
Total		498.700

Pintura en Polvo

Tipo	Cantidad	Costo (\$)
Te 4"	4	53.760
Válvula 4"	2	73.344
Unión americana 4"	2	77.092
Codo 3"	2	10.898
Válvula 3"	1	24.444
Codo 1 1/2"	5	6.795
Te 1 1/2"	6	9.186
Copla 1 1/2"	1	743
Codo 1"	6	2.946
Total		259.208

Resinas

Tipo	Cantidad	Costo
Te 4"	3	50.199
Codo 3"	8	43.592
Válvula 3"	3	73.332
Codo 2 1/2"	9	31.986

Te 2 1/2"	3	13.881
Unión americana 2 1/2"	1	11.861
Te 2"	3	6.648
Copla 2"	2	2.330
Codo 1 1/2"	2	2.718
Válvula 1 1/2"	1	5.544
Codo 1"	6	2.946
Te 1"	7	4.718
Codo 3/4"	3	960
Válvula 3/4"	3	3.960
Total		254.675

Total		1.012.583
--------------	--	------------------

Tabla 44, Valor accesorios Red 2.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Filtros – Reguladores, la cantidad de filtros reguladores se determinó en base a la tabla 13.

Elemento	Cantidad (unidades)	Precio (\$)	Total (\$)
Filtro – Regulador	39	28.850	1.125.150

Tabla 45, Valor filtro - regulador.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Acumulador de aire, 8m³, SIMMA.

Elemento	Precio (US\$)	Valor dólar(\$)	Precio (\$)
Acumulador	9.022	577	5.205.694

Tabla 46, Valor acumulador de aire.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Purgas Automáticas.

Elemento	Cantidad (unidades)	Precio (\$)	Total (\$)
Purgas automáticas	3	49.890	149.670

Tabla 47, Valor purgas automáticas.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Costo de Mano de Obra.

La hora de trabajo los días sábados tiene un valor de \$3.500 en promedio y se consideran 6 trabajadores en la construcción de la red, la cual trabajando sólo los sábados demoraría alrededor de 11 días o 3 meses, el costo de la mano de obra para 6 trabajadores es de \$252.000, para estos 3 meses.

6.3.2. Costos

- ❖ Costo de energía compresores GA 37 y GA 408

Como se observa en la tabla 38, el costo por energía del compresor, si no existieran pérdidas de carga y fuga, sería de \$2.473.924, por lo que el compresor funcionaría menos horas en el día. A continuación se realizará el cálculo de dichas horas:

$$2.473.924 = 260 * h * (252.720 * 0,003404 + 352.800 * 0,002415)$$

$$h = 5,6 \text{ horas} \approx 6 \text{ horas}$$

Estas 6 horas corresponden al funcionamiento que los compresores tienen en la situación actual, situación sin proyecto, para la situación con proyecto las horas de funcionamiento de los compresores deberían ser menos, ya que el caudal de aire que debe suministrar es menor.

Por lo tanto, si el compresor funciona 6 horas diarias para suministrar un caudal de 8.625NI/min, caudal diario eliminando máquinas con funcionamiento esporádico, para un caudal de 4.441NI/min, caudal red 1 eliminando máquinas con funcionamiento esporádico, el funcionamiento sería de 3,1 horas diarias..

El costo anual de energía consumida en esas 3,1 horas es: \$1.380.090.

❖ Costo de energía compresor GA 55.

Utilizando los datos de la tabla 20 se obtendrá el costo de energía del compresor:

Compresor	Caudal (NI/min)	kWmin/NI	kWh/NI
GA 55	10.500	0,00666	0.000111

Tabla 48, Obtención factor kWh/NI.

Fuente: Elaboración propia.

Compresor	Costo por caudal (\$/NI)
GA 55	0,00255

Tabla 49, Costo de energía por caudal de aire.

Fuente: Elaboración propia.

El caudal de aire que debe suministrar este compresor es aproximadamente 4.183NI/min, eliminando el consumo de las máquinas que funcionan esporádicamente, por lo tanto, ya que genera un caudal de aire similar a los otros dos compresores y debe suministrar aproximadamente la misma cantidad de aire, el funcionamiento de éste es de aproximadamente 3 horas.

Compresor	Caudal de aire (NI/min)	Caudal de aire en una hora (NI/h)	Caudal de aire en una día de trabajo (NI/día)	Costo en un día de producción (\$/día)
GA 55	10.500	630.000	1.890.000	4.819,5

Tabla 50, Costo de energía en un día de producción

Fuente: Elaboración propia.

El costo anual asciende entonces a: \$1.253.070.

❖ Costo de energía secador.

Secador	Horas trabajadas	Potencia kWh	Costo (\$/día)
Secador frigorífico FX 13	3	4,1kW	282,9

Tabla 51, Costo de energía diario secador.

Fuente: Elaboración propia.

El costo anual sería de: \$73.554.

❖ Costo Mantenimiento de compresores

En la situación con proyecto se deben realizar mantenencias a los tres compresores existentes, las cuales variarán debido al menor tiempo que éstos permanecen en funcionamiento, el detalle se puede observar en el Anexo A.

Ya detallados los costos e inversiones de ambas situaciones, con y sin proyecto, se realizará a continuación el análisis costo beneficio.

Se puede observar en la tabla siguiente la suma de costos de la situación sin proyecto, los cuales representan el ahorro que la instalación de la nueva red conlleva, éstos serán restados a los costos con proyecto para así determinar el valor actual neto (VAN) y con ellos el tiempo en que teóricamente se recupera la inversión, equivalente a 6 años, correspondiente a la inversión dividida en el ahorro de cada año sumado. Para el cálculo de éste se utilizó la tasa de descuento de la empresa, igual a 12%.

6.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

	Años													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sin proyecto														
Mantenión de máquinas debido a humedad		914.200	914.200	914.200	914.200	914.200	914.200	914.200	914.200	914.200	914.200	914.200	914.200	914.200
Costo de energía por pérdidas de carga		985.640	985.640	985.640	985.640	985.640	985.640	985.640	985.640	985.640	985.640	985.640	985.640	985.640
Costo de energía por pérdidas por fuga		101.960	101.960	101.960	101.960	101.960	101.960	101.960	101.960	101.960	101.960	101.960	101.960	101.960
Costo de energía compresores		2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924	2.473.924
Costo mantención compresor GA 408		514.000	254.000	362.000	254.000	1.767.000	254.000	362.000	254.000	514.000	254.000	362.000	254.000	514.000
Costo horas extras		3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000	3.120.000
Costo mantención compresor GA 37		514.000	254.000	362.000	254.000	514.000	1.634.000	254.000	362.000	254.000	514.000	254.000	362.000	254.000
Total		8.623.724	8.103.724	8.319.724	8.103.724	9.876.724	9.483.724	8.211.724	8.211.724	8.363.724	8.363.724	8.211.724	8.211.724	8.363.724
Con proyecto														
Inversión														
Compresor GA 55	15.128.940													
Secador refrigerativo FX 13	5.117.990													
Tuberías red 1	2.595.795													
Accesorios red 1	817.291													
Tuberías red 2	2.298.690													
Accesorios red 2	1.012.583													
Filtros - reguladores	1.125.150													
Purgas automáticas	149.670													
Acumulador de aire	5.205.694													
Costo mano de obra	252.000													
Total inversión	33.703.803													
Costos														
Costo energía compresores		1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090	1.380.090
Costo Mantención GA 408		514.000	0	127.000	127.000	127.000	0	235.000	127.000	127.000	0	387.000	1.380.000	1.380.000
Costo Mantención GA 37		127.000	0	387.000	127.000	127.000	0	127.000	235.000	127.000	127.000	0	127.000	387.000
Costo Mantención GA 55		0	127.000	127.000	127.000	0	235.000	127.000	127.000	127.000	0	387.000	127.000	127.000
Costo de energía compresor GA 55		1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070	1.253.070
Costo de energía secador FX 13		73.554	73.554	73.554	73.554	73.554	73.554	73.554	73.554	73.554	73.554	73.554	73.554	73.554
Total costos		3.347.714	2.833.714	3.347.714	3.087.714	2.960.714	2.941.714	3.195.714	3.195.714	3.087.714	2.960.714	3.093.714	3.347.714	4.600.714
Diferencia	-33.703.803	5.276.010	5.270.010	4.972.010	5.016.010	6.916.010	6.542.010	5.016.010	5.016.010	5.276.010	5.403.010	5.118.010	4.864.010	3.763.010
valor actual	618.604													

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

Una vez, llegado el estudio a su término, se evaluará si éste ha cumplido con los objetivos planteados y se analizarán aquellos resultados más importantes.

7.1. CONCLUSIONES

El estudio ha llegado a su término, por lo cual se debe analizar si los objetivos planteados inicialmente y los resultados esperados se han cumplido a cabalidad.

A través de la metodología presentada en el Capítulo 1, se fueron obteniendo resultados parciales, con la finalidad de elaborar un diagnóstico de la situación actual, dar solución al problema y analizar su puesta en marcha como sus costos económicos.

En el diagnóstico de la situación actual se verificaron y cuantificaron los problemas presentados por la empresa inicialmente, como es el contenido de humedad en el aire de 0,0017 kg de vapor de agua / kg de aire seco, así como la pérdida de presión, de aproximadamente 4,1bar_g, muy superior a la admisible de 0,14bar_g, evidenciada en paros de producción, además, el estudio llevó a determinar un punto muy importante, éste fue el déficit de aire generado, ya que la demanda asciende a 19.447NI/min y la generación sólo llega hasta 10.092NI/min.

En general, observando la Red de Aire, se pueden encontrar bastantes falencias que indican la falta de estudio y de mantención de la misma, algunas de ellas son: filtros antiguos y en mal estado, fugas de aire no reparadas, tuberías de aire sin pintar, no se observa pendiente en ellas, como tampoco cuellos de cisne, pero el problema no radica solamente en estos aspectos, también influye la antigüedad de las máquinas, su operación, y el layout de la empresa, el que no permite una mejor distribución de la red.

Una vez encontrados los problemas, se presentó una propuesta de mejora, la que consta de la construcción de dos redes de aire: Red 1 formada por las Plantas de Decorativo e Industrial, Bodegas de materias primas y Laboratorios y Red 2 formada por Planta de Pintura en Polvo, Resinas, Aerosol y secciones de Moda Color, Taller de grúas y Mantención, ésta división se realizó principalmente por la falta de espacio en la sala de compresores, haciendo imposible ubicar allí otro compresor y el secador de aire.

De esta forma, se diseñaron ambas redes, cumpliendo con aquellos factores esenciales que garantizan el buen funcionamiento de la Red de aire, como son: velocidades dentro de los rangos permitidos, con lo que disminuyen las pérdidas de carga, secadores de

aire para eliminar la humedad, así como filtros – reguladores – lubricadores para las máquinas, tuberías en pendiente de 3% y pintadas de azul.

Estos nuevos diseños implican una inversión de \$33.703.803, correspondiente a la adquisición de un compresor, secador de aire, filtros - reguladores, purgas automáticas, un acumulador de aire, tuberías y accesorios necesarios para la construcción y por supuesto, el pago a la mano de obra, inversión que en teoría, al realizar análisis costo – beneficio, sería recuperada en 6 años. Pese al alto valor de ésta y lejano período de recuperación, la construcción de la red es necesaria para Industrias Ceresita S.A., principalmente porque es la líder en el mercado y tiene una tendencia a seguir creciendo y por lo tanto, aumentar su producción, lo cual la llevaría a obtener mayores ingresos que harían que la inversión fuera fácilmente recuperable, de no implantar la solución propuesta el costo podría ser altísimo, ya que la red actual no tiene la capacidad suficiente para proporcionar aire a las máquinas existentes hoy, por lo que no soportaría un crecimiento de la producción.

Finalmente, se realizó el plan de implementación, se detallaron una serie de etapas a llevar a cabo por el personal de mantención, el que construirá la red los días sábado, con el objetivo de no interrumpir el normal funcionamiento de la empresa. La construcción demorará 3 meses, pero sin duda resulta considerablemente más económica que contratar el servicio, el cual asciende a aproximadamente \$8.000.000, para un mes de construcción.

Como se observa, los objetivos, tanto generales como específicos han sido cumplidos, se ha proporcionado una solución al problema de Industrias Ceresita S.A. y además se ha entregado una pauta de trabajo para abordar este problema en cualquier otra empresa.

CAPÍTULO 8

BIBLIOGRAFÍA

En este Capítulo se detallan los libros de los cuales se obtuvo la teoría detallada y llevada a cabo en este estudio.

Bibliografía

- [1] Aire Comprimido, Teoría y cálculo de las instalaciones, E. Carnicer Royo.
- [2] Introducción a la Neumática y sus componentes, MICRO.
- [3] Manual de Neumática Básica, SIMMA.
- [4] Termodinámica, Wark
- [5] Flujo de fluidos en válvulas accesorios y tuberías, Crane.
- [6] Neumática, A. Serrano Nicolás.
- [7] www.monografias.com

ANEXO A

En el Anexo A se presentan las cotizaciones, características de los compresores y tablas utilizadas en el estudio.

Datos compresor GA 37

- La temperatura es 65°C por sobre la temperatura ambiente.
- Temperatura del aire de salida del elemento compresor: 110°C.
- Válvula de seguridad: presión de ajuste: 8,5bar.
- N° de etapas de compresión: 1
- Presión máxima de descarga: 7,5bar
- Presión normal de trabajo: 7 bar
- Presión mínima de trabajo: 4 bar
- Sistema de refrigeración: aire.
- Máxima temperatura de entrada: 40°C
- Temperatura del aire que sale de la válvula de salida a la presión normal de trabajo: 25°C.
- Capacidad de aceite: 14l.
- Largo: 1910 mm
- Alto: 1250 mm
- Ancho: 895 mm
- Presión de carga: 6,2 bar
- Presión de descarga: 7,6 bar
- Aire libre suministrado: 98 l/s, 5,88 m³/min, 208 pies³/min
- Potencia del motor: 37kW
- Sistema de regulación de conexión – desconexión va mandado por un presostato.

Datos compresor GA 408

- Presión efectiva de trabajo: 7 bar
- Presión efectiva de descarga: 7,1 bar
- Presión efectiva de carga: 6,5 bar
- Abertura de la válvula de seguridad: 8,8 bar
- Presión efectiva máxima de trabajo: 8bar
- Presión efectiva normal de trabajo: 7bar
- Suministro de aire libre a presión normal de trabajo: 70,2NI/s

- Potencia de entrada en el eje a plena carga y presión normal de trabajo: 29,1kW.
- Largo: 1926mm.
- Ancho: 940mm.
- Alto: 1050mm.
- Peso neto: 520kg.
- Refrigerante interno: aceite.
- Refrigerante externo: aire.
- Presión de carga: 5,5bar
- Presión de descarga: 6,9bar
- Arranque estrella – triángulo
- Punto de disparo por temperatura del aire: 120°C.
- Relé temporizador de estrella – triángulo: 10s.
- Temporizador de retardo de parada: 6min.

Presupuesto Fabricación e instalación red de aire comprimido

Item	Cant.	Unid.	Descripción	P. Unitario	P. Total
1,0			Cañería Galva. ASTM, sch 40, Gr.B		
1,1	114	M.	4"		-
1,2	96	M.	3"		-
1,3	30	M.	2 1/2"		-
1,4	60	M.	2"		-
1,5	288	M.	1 1/2"		-
1,6	96	M.	1"		-
1,7	96	M.	3/4"		-
1,8		M.	1/2"		-
2,0			Fittin Galva 150 Lb. Roscado hilo BSP		
2,1	13	Unid.	Tee 4"x4"x4"		-
2,2	4	Unid.	Tee 3"x3"x3"		-
2,3	3	Unid.	Tee 2 1/2"x2 1/2"x2 1/2"		-
2,4	16	Unid.	Tee 2"x2"x2"		-
2,5	21	Unid.	Tee 1 1/2"x1 1/2"x1 1/2"		-
2,6	26	Unid.	Tee 1"x1"x1"		-
2,7	11	Unid.	Tee 3/4"x3/4"x3/4"		-
2,8	35	Unid.	Codo 90°, d= 4"		-
2,9	15	Unid.	Codo 90°, d= 3"		-
2,10	9	Unid.	Codo 90°, d= 2 1/2"		-
2,11	4	Unid.	Codo 90°, d= 2"		-
2,12	10	Unid.	Codo 90°, d= 1 1/2"		-
2,13	29	Unid.	Codo 90°, d= 1"		-
2,14	11	Unid.	Codo 90°, d= 3/4"		-
2,15	2	Unid.	Unión Americana d= 4"		-
2,16	1	Unid.	Unión Americana d= 2 1/2"		-
2,17	2	Unid.	Unión Americana d= 2"		-
2,18	2	Unid.	Copla d= 4"		-
2,19	2	Unid.	Copla d= 2"		-
2,20	4	Unid.	Copla d= 1 1/2"		-
3,0			Válvula de bola, 150 Lb.		
3,1	16	Unid.	D= 4"		-
3,2	6	Unid.	D= 3"		-
3,3	2	Unid.	D= 2 1/2"		-
3,4	3	Unid.	D= 2"		-
3,5	5	Unid.	D= 1 1/2"		-
3,6	6	Unid.	D= 1"		-
3,7	6	Unid.	D= 3/4"		-
4,0			Soportes y terminación		
4,1	38	Unid.	Soportes para cañería 4"	4.500	171.000
4,2	32	Unid.	Soportes para cañería 3"	4.500	144.000
4,3	10	Unid.	Soportes para cañería 2 1/2"	3.500	35.000
4,4	20	Unid.	Soportes para cañería 2"	3.500	70.000
4,5	116	Unid.	Soportes para cañería 1 1/2"	3.000	348.000
4,6	48	Unid.	Soportes para cañería 1"	3.000	144.000
4,7	48	Unid.	Soportes para cañería 3/4"	3.000	144.000
4,8	38	Unid.	Pernos "U", d= 4"	2.500	95.000
4,9	32	Unid.	Pernos "U", d= 3"	2.000	64.000
4,10	10	Unid.	Pernos "U", d= 2 1/2"	1.800	18.000
4,11	20	Unid.	Pernos "U", d= 2"	1.600	32.000
4,12	116	Unid.	Pernos "U", d= 1 1/2"	1.500	174.000
4,13	48	Unid.	Pernos "U", d= 1"	1.400	67.200
4,14	48	Unid.	Pernos "U", d= 3/4"	800	38.400
4,15	12	Gal.	Esmalte azul Ultramar	10.000	120.000
4,16	4	Gal.	Anticorrosivo	8.500	34.000
4,17	5	Gal.	Esmalte blanco soportes	10.000	50.000
4,18	50	Unid.	Teflón d= 1"	1.200	60.000
4,19	50	Unid.	Teflón d= 3/4"	600	30.000
4,20	50	Unid.	Teflón d= 1/2"	500	25.000
5,0			Máquinas y herramientas, 30 días		
5,1	1	Unid.	Máquina soldadora	360.000	360.000
5,2	3	Unid.	Esmeril angular 7"	75.000	225.000
5,3	4	Unid.	Andamios, cuerpos con rueda	18.000	72.000
5,4	1	Unid.	Escala Telescópica	45.000	45.000
5,5	1	Gl.	Herramientas menores	85.000	85.000
6,0			Mano de Obra, 30 días		
6,1	1		Supervisor	450.000	450.000
6,2	2		Maestros	350.000	700.000
6,3	4		Ayudantes	240.000	960.000
7,0	1	Gl.	Movilización	350.000	350.000
8,0			Sub-total		5.110.600
9,0			Gastos Generales 18%		919.908
10,0			Utilidades 15%		766.590
11,0			TOTAL SIN IMPUESTO		6.797.098
12,0			IMPUESTO 19%		1.291.449
13,0			TOTAL FINAL CON IMPUESTO		8.088.547

Cotización Dantechique

VALOR DE LOS EQUIPOS

Tratamiento de Aire Domnick Hunter

Secador Frigorífico CRD0735 Conexión: 2" BSP Caudal Volumétrico: 12 Nm ³ /min Presión de Trabajo: 7 bar Alimentación Eléctrica: 400V / 3 fase / 50Hz <small>referido a temperatura ambiente 25 °C, aire de entrada 35 °C, humedad 60% y punto de rocío 3 °C</small>	Euro 6.827,52	Euro 6.827,52
---	---------------	---------------

Conexión y Montaje	: No incluida, podemos cotizar luego de inspeccionar el lugar.
Puesta en marcha	:
Tipo de Cambio	: Se aplicará el tipo de cambio vigente al día de la Facturación. Sólo para referencia T/C apro 775 \$/EURO
Plazo de Entrega	: 7 semanas (marítimo) a contar de la confirmación de vuestro pedido, no obstante procuraremos adaptarnos a sus requerimientos
Lugar de Entrega	: Bodegas del cliente en Santiago
Todos los equipos y accesorios Domnick Hunter, han sido Diseñados, Fabricados, Ensamblados y Comprobados en modernos bancos de pruebas en sus instalaciones de Gateshead, Inglaterra.	

Cotización filtros y purgas automáticas

SCHULTZ AUTOMATIZACION E INGENIERIA LTDA.

RUT: 77.101.500-K

GIRO: IMPORTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y EXPORTACIÓN DE EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL



SANTIAGO

Vicuña Mackenna # 1437 * Tel. - Fax: (2) 55506

ANTOFAGASTA

Maipú # 499 - Of. 502 * Tel: (55) 220 105 - Fax:

CURICÓ

Pasaje Los Cerros # 823 * Tel: (75) 333 985 - I

CONCEPCION

Los Carrera #1694 * Tel. - Fax: (41) 250 594 - 250 595



FECHA	31.01.05
COTIZACION	7095
NOTA VENTA	
SOLIC. / COT.	

E - mail :

ventas2@schultz.tie.cl

De:

Mauricio Moreno E.

www.schultz.co.cl

Sr.(a):	ana soto	Tel:	3832243
At.:		Fax:	
Dirección:	gabriel palma 820	Rut:	
E-Mail:	aasotow@hotmail.com	Comuna:	recoleta

REF.-

Estimado señor : De acuerdo a lo solicitado tenemos el agrado de cotizar a usted lo siguiente:

ITEM	CANT.	CODIGO	DESCRIPCION	VALOR UNIT.	TOTAL(\$)
1	1	170.04.B.B.D.	Filtro-Regulador , 20 micras,0-12 bar, G 1/4 con manometro incluido	\$ 28.850	\$ 28.850
2	1	170.06.B.B.D.	Filtro -regulador -Lubricador , 20 micras,0-1 G1/4, con manometro incluido	\$ 45.710	\$ 45.710
3	1	170.01.B.B.	Filtro , 20 micras, G1/4 (repuesto no incluye vaso)	\$ 14.860	\$ 14.860
4	1	171.08.B.E.	Filtro coalescente, 0.1 micras G1/4	\$ 35.550	\$ 35.550
			este filtro debe ser instalado posterior a uno mayor porosidad, para no arriesgar su saturación		
5	1		purga automatica de agua a instalar en la p posterior del vaso del filtro	\$ 49.890	\$ 49.890
			consta de una valvula 2/2 con mano directo de 220 vac y un timer de apertura controlada ON OFF		
CONDICIONES				Sub Total	\$ 174.860
PLAZO DE ENTREGA: 1 dias hábil				20%	\$ 34.972
FORMA DE PAGO: Orden de compra a 45 dias				\$ Neto	\$ 139.888
LUGAR DE ENTREGA: sus bodegas en Santiago				19% IVA	\$ 26.579
VALIDEZ DE OFERTA: 30 Dias				\$ Total	\$ 166.467

Alternativa de 1 Secador para los 2 Compresores

Cotización Ref N° 2188/0205/69FNPP

Descripción Producto	Cantidad	Precio unit. USD neto
Secador refrigerativo FX 13 400 V / 3 ph / 50 Hz (USD)	1	8 870



9/10

Cotización Ref N°: 2188/0205/69FNPP

Secador FX 13

Condiciones de referencia:

● Presión efectiva del aire comprimido	bar	7
● Temperatura ambiente	°C	25
● Temperatura aire comprimido	°C	35
● Punto de rocío a la presión de 7 bar	°C	3

Características técnicas del equipo:

● Máxima presión de aire comprimido	bar	16
● Máxima temperatura ambiente	°C	45
● Mínima temperatura ambiente	°C	5
● Máxima temperatura del aire comprimido	°C	55
● Capacidad a la entrada	lt/s	232
● Pérdida de carga	bar(g)	0.35
● Refrigerante, tipo		R404A
● Cantidad de refrigerante	Kg	2.000
● Alimentación eléctrica	volts / Hz / fase	400/50/3

Dimensiones y pesos

● Embarque		
● Largo	mm	1035
● Ancho	mm	840
● Alto	mm	1080
● Peso	kg	183

Descripción Producto	Cantidad	Precio Unitario Neto USD
Compresor GA 55 AFF 8 bar WP EL II, de tornillo con secador incorporado (USD) [8152325653]	1	27 600
Compresor GA 55 AP 7,5 WP EL II, de tornillo. (USD) [8152325018]	1	21 200

Descuento Especial	5 %
---------------------------	------------



4

Cotización Ref N°: 2188/0205/69QPQ2

GA 55 AFF 7.5 50 EL I y WP EL II

Condiciones de referencia

■ Presión de Entrada	bar(a) / psi(a)	1/14.5
◆ Temperatura de aire de entrada	°C	20
■ Humedad relativa del aire	%	0
◆ Presión nominal de trabajo	bar(q) / psi(a)	7.0/102
■ Velocidad eje motor	rpm	2960

Características Técnicas

◆ Presión máxima de trabajo	bar(q) / psi(a)	7.25/105.6
■ Presión mínima de trabajo	bar(g) / psi(a)	4/58
◆ Capacidad FAD (*) a presión nominal	l/s / cfm	175/371
■ Energía específica requerida en el eje	J/l	347
◆ Potencia consumida por el equipo a la presión nominal (Incluido consumo de ventilador y secador)	Kw	70.0
◆ Potencia consumida en el eje a la presión nominal	Kw	59.7
■ Potencia consumida por el equipo en vacío (Incluido consumo de ventilador y secador)	Kw	17.9
■ Potencia motor	Kw / Hp	55/75
◆ Nivel sonoro (**)	db(A)	66
■ Temperatura aire de descarga	ambiente + °C	5
◆ Capacidad cárter de aceite	lt	26.5
■ Contenido aprox. de aceite en el aire comprimido	mg/m3	2
● Conexión salida de aire	G	21/2"
● Alimentación eléctrica	volts / Hz / fase	400 / 50 / 3
● Tipo de refrigerante		R404a
■ Temperatura de punto de rocío a presión	°C	3

Dimensiones y Pesos

■ EQUIPO / EMBARQUE		
■ Largo	mm	2055/2270
◆ Ancho	mm	1030/1210
■ Alto	mm	1950/2130
◆ Peso	Kg	1500/1750

Cotización tuberías y accesorios

U.AMERICANA	1.691	2.228	2.822	3.267	4.444	7.416	11.861	19.286	38.546
TEE	325	480	674	1.120	1.531	2.216	4.627	6.535	16.733
COPLA	218	251	331	560	743	1.165	2.867	3.484	7.997
VALV.BOLA	946	1.320	2.100	3.510	5.544	7.896	17.352	24.444	36.672

CAÑERÍA ACERO GALVA.ASTM (de 6 mts.de Largo)

	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
CON HILO	6853	9247	14390	19442	23339	31219	49974	64831	91674
SIN HILO									

Precios unitarios
 no incluyen IVA
 Entregas a Convenir según cantidades
 Puesto en sus bodegas

Orlando Torres Garrido
 Comercial Xiplas Ltda.

2877263 / 2875003

MANTENCIONES SITUACION ACTUAL

Compresor Ga 408	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
horas	15.310	17.390	19.470	21.550	23.630	25.710	2.080	4.160	6.240	8.320	10.400	12.480	14.560	16.640
mantención 1000	127.000	127.000	254.000	127.000	254.000		254.000	127.000	254.000	127.000	254.000	127.000	254.000	127.000
mantención 4000				235.000				235.000				235.000		
mantención 8000		387.000				387.000				387.000				387.000
mantención 25000						1.380.000								
	127.000	514.000	254.000	362.000	254.000	1.767.000	254.000	362.000	254.000	514.000	254.000	362.000	254.000	514.000
Compresor Ga 37														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
horas	14.275	16.355	18.435	20.515	22.595	24.675	26.755	2.080	4.160	6.240	8.320	10.400	12.480	14.560
mantención 1000	127.000	127.000	254.000	127.000	254.000	127.000	254.000	254.000	127.000	254.000	127.000	254.000	127.000	254.000
mantención 4000				235.000					235.000				235.000	
mantención 8000		387.000				387.000					387.000			
mantención 25000							1.380.000							
	127.000	514.000	254.000	362.000	254.000	514.000	1.634.000	254.000	362.000	254.000	514.000	254.000	362.000	254.000

MANTENCIONES SITUACIÓN CON PROYECTO

Compresor Ga 408														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
horas	15.310	16.090	16.870	17.650	18.430	19.210	19.990	20.770	21.550	22.330	23.110	23.890	24.670	25.450
mantención 1000	127.000	127.000		127.000	127.000	127.000			127.000	127.000	127.000			
mantención 4000								235.000						
mantención 8000		387.000											387.000	
mantención 25000														1.380.000
	127.000	514.000	0	127.000	127.000	127.000	0	235.000	127.000	127.000	127.000	0	387.000	1.380.000
Compresor Ga 37														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
horas	14.275	15.055	15.835	16.615	17.395	18.175	18.955	19.735	20.515	21.295	22.075	22.855	23.635	24.415
mantención 1000	127.000	127.000			127.000	127.000		127.000		127.000	127.000		127.000	
mantención 4000									235.000					
mantención 8000				387.000										387.000
mantención 25000														
	127.000	127.000	0	387.000	127.000	127.000	0	127.000	235.000	127.000	127.000	0	127.000	387.000
Compresor Ga 55														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
horas		780	1.560	2.340	3.120	3.900	4.680	5.460	6.240	7.020	7.800	8.580	9.360	10.140
mantención 1000			127.000	127.000	127.000			127.000	127.000	127.000			127.000	127.000
mantención 4000							235.000							
mantención 8000												387.000		
mantención 25000														
		0	127.000	127.000	127.000	0	235.000	127.000	127.000	127.000	0	387.000	127.000	127.000

Tabla pérdidas de carga

B - 18 APÉNDICE B - INFORMACIÓN TÉCNICA CRANE

B-12a. Flujo de aire en tuberías de acero de cédula 40

Aire libre q_m Metros cúbicos por minuto a 15°C y 1.013 bar absol.	Aire comprimido Metros cúbicos por minuto a 15°C y 7 bar manom.	Pérdida de presión en bar por cada 100 metros de tubería cédula 40 Para aire a 7 bar manométricos y 15°C																		
		1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"									
0.03	0.0038	0.093	0.021	0.0045																
0.06	0.0076	0.337	0.072	0.016	0.0051															
0.09	0.0114	0.719	0.154	0.033	0.011															
0.12	0.0152	1.278	0.267	0.058	0.018															
0.15	0.0190	1.942	0.405	0.087	0.027	0.0067														
0.2	0.0253	3.357	0.698	0.146	0.047	0.011	0.0035													
0.3	0.0379	7.554	1.57	0.319	0.099	0.024	0.0073													
0.4	0.0506		2.71	0.548	0.170	0.041	0.012			1 1/4"										
0.5	0.0632		4.10	0.842	0.257	0.062	0.018													
0.6	0.0759		5.90	1.19	0.370	0.088	0.026			0.0066				1 1/2"						
0.7	0.0885																			
0.8	0.101		8.03	1.62	0.494	0.117	0.035	0.0086												
0.9	0.114			2.12	0.634	0.150	0.044	0.011												
1.0	0.126			2.64	0.803	0.187	0.055	0.014												
1.25	0.158			3.26	0.991	0.231	0.067	0.017												
1.5	0.190			4.99	1.55	0.353	0.102	0.026												
1.75	0.221																			
2.0	0.253			7.20	2.19	0.499	0.147	0.036												
2.25	0.284			9.79	2.98	0.679	0.196	0.047												
2.5	0.316																			
3.0	0.379																			
3.5	0.442																			
4.0	0.506																			
4.5	0.569																			
5.0	0.632																			
6	0.759																			
7	0.885																			
8	1.011																			
9	1.138																			
10	1.264																			
11	1.391																			
12	1.517																			
13	1.643																			
14	1.770																			
15	1.896																			
16	2.023																			
17	2.149																			
18	2.276																			
19	2.402																			
20	2.528																			
22	2.781																			
24	3.034																			
26	3.287																			
28	3.540																			
30	3.793																			
32	4.046																			
34	4.298																			
36	4.551																			
38	4.804																			
40	5.057																			
45	5.689																			
50	6.321																			
60	7.585																			
70	8.850																			
80	10.11																			
90	11.38																			
100	12.64																			
110	13.91																			
120	15.17																			
130	16.43																			
140	17.70																			
150	18.96																			
200	25.28																			
250	31.61																			
300	37.93																			
350	44.25																			
400	50.57																			
450	56.89																			
500	63.21																			
550	69.53																			
600	75.85																			
650	82.17																			
700	88.50																			
750	94.82																			
800	101.1																			
850	107.5																			

Consúltese página B-20 para cálculos en tuberías que no sean de cédula 40 y longitudes diferentes a 100 metros, y para otras condiciones de presión y temperatura.

Tabla de propiedades del vapor de agua

TABLA A-12M (Continuación)

Temp., °C <i>T</i>	Presión bares <i>P</i>	Volumen específico		Energía interna		Entalpia			Entropia	
		Líquido sat. <i>v_f</i>	Vapor sat. <i>v_g</i>	Líquido sat. <i>u_f</i>	Vapor sat. <i>u_g</i>	Líquido sat. <i>h_f</i>	Evap. <i>h_{fg}</i>	Vapor sat. <i>h_g</i>	Líquido sat. <i>s_f</i>	Vapor sat. <i>s_g</i>
50	.1235	1.0121	12032	209.32	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	.7038	8.0763
55	.1576	1.0146	9568	230.21	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	.7679	7.9913
60	.1994	1.0172	7671	251.11	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	.8312	7.9096
65	.2503	1.0199	6197	272.02	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	.8935	7.8310
70	.3119	1.0228	5042	292.95	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	.9549	7.7553
75	.3858	1.0259	4131	313.90	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	7.6824
80	.4739	1.0291	3407	334.86	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	7.6122
85	.5783	1.0325	2828	355.84	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	7.5445
90	.7014	1.0360	2361	376.85	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	7.4791
95	.8455	1.0397	1982	397.88	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	7.4159
100	1.014	1.0435	1673	418.94	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	7.3549
110	1.433	1.0516	1210	461.14	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	7.2387
120	1.985	1.0603	891.9	503.50	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	7.1296
130	2.701	1.0697	668.5	546.02	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	7.0269
140	3.613	1.0797	508.9	588.74	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	6.9299
150	4.758	1.0905	392.8	631.68	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	6.8379
160	6.178	1.1020	307.1	674.86	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	6.7502
170	7.917	1.1143	242.8	718.33	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	6.6663
180	10.02	1.1274	194.1	762.09	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	6.5857
190	12.54	1.1414	156.5	806.19	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	6.5079
200	15.54	1.1565	127.4	850.65	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	6.4323
210	19.06	1.1726	104.4	895.53	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	6.3585
220	23.18	1.1900	86.19	940.87	2602.4	943.62	1858.5	2802.1	2.5178	6.2861
230	27.95	1.2088	71.58	986.74	2603.9	990.12	1813.8	2804.0	2.6099	6.2146
240	33.44	1.2291	59.76	1033.2	2604.0	1037.3	1766.5	2803.8	2.7015	6.1437
250	39.73	1.2512	50.13	1080.4	2602.4	1085.4	1716.2	2801.5	2.7927	6.0730
260	46.88	1.2755	42.21	1128.4	2599.0	1134.4	1662.5	2796.6	2.8838	6.0019
270	54.99	1.3023	35.64	1177.4	2593.7	1184.5	1605.2	2789.7	2.9751	5.9301
280	64.12	1.3321	30.17	1227.5	2586.1	1236.0	1543.6	2779.6	3.0668	5.8571
290	74.36	1.3656	25.57	1278.9	2576.0	1289.1	1477.1	2766.2	3.1594	5.7821
300	85.81	1.4036	21.67	1332.0	2563.0	1344.0	1404.9	2749.0	3.2534	5.7045
320	112.7	1.4988	15.49	1444.6	2525.5	1461.5	1238.6	2700.1	3.4480	5.5362
340	145.9	1.6379	10.80	1570.3	2464.6	1594.2	1027.9	2622.0	3.6594	5.3357
360	186.5	1.8925	6.945	1725.2	2351.5	1760.5	720.5	2481.0	3.9147	5.0526
374.14	220.9	3.155	3.155	2029.6	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.4298	4.4298

Fuente: J. H. Keenan, F. G. Keyes, P. G. Hill y J. G. Moore, "Steam Tables", Wiley, Nueva York, 1969.

ANEXO B

En este Anexo se muestra el procedimiento llevado a cabo para obtener los resultados mostrados en los Capítulos precedentes.

Cálculos de Caudal Máquinas Neumáticas

Planta Decorativo

Permill	Diámetro	Carrera	Ciclos por minuto	Presión(bar)	Efecto	Caudal(Nl/min)
N°1	15,6	88,0	32,0	6,4	2,0	8,0
N°2	40,7	93,0	17,0	6,0	2,0	28,8

Envasadora 1

Pistón	Diámetro (mm)	Carrera (mm)	Ciclos por minuto	Presión	Efecto	caudal(Nl/min)
N° 1	15,9	143,0	10,0	2,1	2,0	1,7
N° 2	15,9	143,0	10,0	2,1	2,0	1,7
N° 3	15,9	143,0	10,0	2,1	2,0	1,7

Envasadora 2

Pistón	Diámetro (mm)	Carrera (mm)	Ciclos por minuto	Presión	Efecto	caudal(Nl/min)
N° 1	15,9	143,0	11,0	2,9	2,0	2,4
N° 2	15,9	143,0	11,0	2,3	2,0	2,0
N° 3	15,9	143,0	11,0	2,1	2,0	1,9

Envasadora 3

Pistón	Diámetro (mm)	Carrera (mm)	Ciclos por minuto	Presión	Efecto	caudal(Nl/min)
N° 1	15,9	143,0	8,0	3,0	2,0	1,8
N° 2	15,9	143,0	8,0	2,8	2,0	1,7
N° 3	15,9	143,0	8,0	2,1	2,0	1,4

Tapadora de baldes

Cilindro	Diámetro (mm)	Carrera (mm)	Ciclos por minuto	Presión	Efecto	caudal(Nl/min)
N° 1	25,0	96,0	21,0	6,5	2,0	14,8

Bombas

Diámetro salida	modelo	Presión de trabajo (bar)	caudal de aire(l/s)	Caudal(N l/min)	presión del aire
2"	EB2 - M	5,0	15,0	900,0	6,5
1"	EB1 - SM	3,0	10,0	600,0	6,5
1"	EB1 - SM	3,0	10,0	600,0	6,5

1/2"	EB1/2 - A	2,0	15,0	900,0	6,5
1 1/2"	SB11/2 - A	4,0	14,0	840,0	6,5
2"	SB2 - A	5,0	21,0	1.260,0	6,5
2"	SB2 - A	5,0	21,0	1.260,0	6,5
1 1/2"	SB11/2 - A	4,0	14,0	840,0	6,5
1 1/2"	SB11/2 - A	4,0	14,0	840,0	6,5
2"	SB2 - A	5,0	21,0	1.260,0	6,5
1/2"	EB1/2 - A	2,0	15,0	900,0	6,5
2"	SB2 - A	5,0	21,0	1.260,0	6,5

Bombas estanques de Materia prima

Diámetro salida	modelo	presión de trabajo (bar)	caudal de aire(l/s)	Caudal(Nl/min)	presión del aire
1"	EB1 - SM	3,0	10,0	600,0	6,5
1 1/2"	SB11/2 - A	4,0	14,0	840,0	6,5
3"	E3AA2R220	2,0		991,0	6,5
3"	PD30X -XX	2,0	18,0	1.080,0	6,5
1/2"	EB1/2 - A	2,0	15,0	900,0	6,5
1/2"	EB1/2 - A	2,0	15,0	900,0	6,5
1/2"	EB1/2 - A	2,0	15,0	900,0	6,5

Máquinas Industrial

Permill	diámetro	carrera	ciclos por minuto	presión(bar)	Efecto	caudal(Nl/min)
N°1	27,0	105,0	22,0	6,2	2,0	19,0
N°2	40,4	95,0	15,0	6,4	2,0	27,0
N°3	27,0	86,0	33,0	6,4	2,0	24,0
N°4	16,3	78,0	18,0	6,5	2,0	4,4

Termocontraído

Cilindros	diámetro	carrera	ciclos por minuto	presión(bar)	Efecto	caudal (NL/min)
N°1	20,0	330,0	7,0	6,5	2,0	10,9
N°2	10,0	95,0	7,0	6,5	2,0	0,8

Bombas

Diámetro salida	modelo	presión de trabajo (bar)	caudal de aire(Nl/s)	Caudal(Nl/min)
1/2"	EB1/2 - A	2,0	15,0	900,0
1/2"	EB1/2 - A	2,0	15,0	900,0
1 1/2"	SB11/2 - A	4,0	14,0	840,0
1"	EB1 - SM	3,0	10,0	600,0

Aerosol

Etiquetadora

Cilindros	diámetro	carrera	ciclos por minuto	presión(bar)	Efecto	caudal(Nl/min)
N°1	29,0	101,0	23,0	6,5	2,0	23,0
N°2	10,0	21,0	23,0	6,5	2,0	0,6
N°3	10,0	25,0	23,0	6,5	2,0	0,7
						24,2

Envasadora

Cilindros	diámetro	carrera	ciclos por minuto	presión(bar)	Efecto	caudal(Nl/min)
N°1	40,0	34,0	24,0	9,5	2,0	21,5
N°2	18,0	48,0	24,0	9,5	2,0	6,2
N°3	18,0	47,0	18,0	9,5	2,0	4,5
						32,2

Bomba gas

Cilindros	diámetro	carrera	ciclos por minuto	presión(bar)	Efecto	caudal(Nl/min)
	20,0	50,0	44,0	6,5	2,0	10,4

Pintura en Polvo

Extruder

Cilindros	diámetro	carrera	ciclos por minuto	presión(bar)	Efecto	caudal(Nl/min)
N°1	32,0	95,0	1,0	6,5	2,0	1,1
N°2	32,0	95,0	1,0	6,5	2,0	1,1
N°3	20,0	95,0	1,0	6,5	2,0	0,4
N°4	20,0	95,0	1,0	6,5	2,0	0,4
						3,2

Molino 2

	P1(pa)	T1(K)	P2(Pa)	T2(K)	V(m3)	R(J/kgK)
A máquina	811.540,0	300,0	711.540,0	295,9	0,9	287,3
a tamizador	811.540,0	300,0	781.540,0	299,4	0,9	287,3
a parte de la máquina	771.540,0	298,7	761.540,0	298,7	0,9	287,3
Electroválvulas	811.540,0	300,0	796.540,0	299,3	0,9	287,3

tiempo(min)	m1	m2	m1-m2	densidad	caudal(m3/min)	caudal (L/min)	presión del aire	aire libre
1,0	8,4	7,5	0,9	8,4	0,1	111,2	6,5	824,4
1,0	8,4	8,1	0,3	9,1	0,0	32,3	6,5	239,6
1,0	8,0	7,9	0,1	8,9	0,0	11,7	6,5	86,6
1,0	8,4	8,2	0,1	9,3	0,0	14,6	6,5	108,6
								1.259,2

Molino 1

	P1(pa)	T1(K)	P2(Pa)	T2(K)	V(m3)	R(J/kgK)	tiempo(min)
A tamizador	781.540,0	278,6	771.540,0	298,6	0,9	287,3	1,0
A electroválvulas	811.540,0	279,5	801.540,0	299,2	0,9	287,3	1,0
Extractor	811.540,0	300,7	771.540,0	299,6	0,9	287,3	1,0

m1	m2	m1-m2	densidad	caudal(m3/min)	caudal (L/min)	presión del aire	aire libre
8,7	8,0	0,7	8,2	0,1	83,8	7,0	663,1
9,0	8,3	0,7	9,0	0,1	77,3	7,0	611,7
8,4	8,0	0,4	9,3	0,0	41,0	7,0	324,7

alimentadores

Cilindros	diámetro	carrera	ciclos por minuto	presión(bar)	Efecto	caudal(Nl/min)
N°1	20,0	80,0	1,0	6,5	2,0	0,4
N°2	20,0	80,0	1,0	6,5	2,0	0,4
N°3	16,0	22,0	1,0	6,5	2,0	0,1
N°4	16,0	22,0	1,0	6,5	2,0	0,1
						0,9

Mixaco

Cilindros	diámetro	carrera	ciclos por minuto	presión(bar)	Efecto	caudal(Nl/min)
N°1	23,0	78,0	1,0	6,5	2,0	0,5
N°2	23,0	78,0	1,0	6,5	2,0	0,5
N°3	16,0	80,0	1,0	6,5	2,0	0,2
						1,2

Planta Resinas

Diámetro salida	modelo	presión de trabajo	caudal(l/s)	Caudal(l/min)
1 1/2"	ST1 1/2 - A	4,0	14,0	840,0
2"	SB2 - A	4,0	14,0	1.260,0
1 1/2"	SB1 1/2 - A	4,0	14,0	840,0
1"	EB1 - SM	3,0	10,0	600,0

Sala de bombas

Diámetro salida	modelo	presión de trabajo	caudal(l/s)	caudal (l/min)
2"	EB2 - M	4,0	15,0	900,0
1/2"	EB1/2 - A	2,0	15,0	900,0
1/2"		2,0		226,0
1/2"		2,0		226,0

Planta Pintura decorativa

	P1(pa)	T1(K)	P2(Pa)	T2(K)	V(m3)	R(J/kgK)	tpo(min)	m1	m2	m1-m2	densidad	Q (m3/min)	Q (L/min)	presión	Aire libre
Cowle 1	781.540,0	297,5	771.540,0	297,1	0,9	287,3	0,9	8,1	8,0	0,1	9,0	0,0115	11,5	6,5	85,0
Cowle 2	811.540,0	299,0	791.540,0	298,3	0,9	287,3	0,7	8,4	8,2	0,2	9,2	0,0304	30,4	6,5	225,2
Cowle 3	781.540,0	297,8	771.540,0	297,7	0,9	287,3	0,7	8,1	8,0	0,1	9,0	0,0168	16,8	6,5	124,3
Cowle 4	811.540,0	298,8	801.540,0	298,5	0,9	287,3	0,7	8,4	8,3	0,1	9,4	0,0140	14,0	6,5	103,6
Cowle 5	781.540,0	297,8	771.540,0	297,7	0,9	287,3	0,7	8,1	8,0	0,1	9,0	0,0168	16,8	6,5	124,3
Cowle 6	801.540,0	298,4	781.540,0	297,6	0,9	287,3	1,0	8,3	8,1	0,2	9,1	0,0197	19,7	6,5	146,3

Planta pintura industrial

	P1(pa)	T1(K)	P2(Pa)	T2(K)	V(m3)	R(J/kgK)	tiempo(min)	m1	m2	m1-m2	densidad	Q (m3/min)	Q (L/min)	presion d	Aire libre
Cowle 1	761.540,0	297,0	741.540,0	295,3	0,9	287,3	1,7	7,9	7,8	0,2	8,7	0,011	11,0	7,0	87,3
Cowle 4	811.540,0	298,8	801.540,0	298,5	0,9	287,3	0,7	8,4	8,3	0,1	9,4	0,014	14,0	7,0	110,5
Cowle 6	761.540,0	297,0	741.540,0	295,3	0,9	287,3	1,7	7,9	7,8	0,2	8,7	0,011	11,0	7,0	87,3

Cálculos Red 1

Compresores

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	Diámetro	Largo (cm)	Diámetro
principal	18897,6378	5,88	358819,6153	4,92	6	4"
principal	18897,6378	5,88	358819,6153	4,92	29	4"
principal	18897,6378	5,88	358819,6153	4,92	320	4"
principal	18897,6378	5,88	358819,6153	4,92	245	4"
principal	18897,6378	4,212	257032,0101	4,16	11	4"
principal	18897,6378	4,212	257032,0101	4,16	12	4"
principal	18897,6378	4,212	257032,0101	4,16	140	4"
principal	18897,6378	10,092	615851,6254	6,44	620	4"
principal	18897,6378	10,092	615851,6254	6,44	15	4"
principal	18897,6378	10,092	615851,6254	6,44	95	4"
principal	18897,6378	10,092	615851,6254	6,44	164	4"
principal	18897,6378	10,092	615851,6254	6,44	200	4"
principal	18897,6378	7,715429536	470824,3976	5,63	40	4"
principal	18897,6378	7,715429536	470824,3976	5,63	160	4"
principal	18897,6378	7,715429536	470824,3976	5,63	110	4"
principal	18897,6378	7,715429536	470824,3976	5,63	400	4"
principal	18897,6378	7,715429536	470824,3976	5,63	12	4"
principal	18897,6378	7,715429536	470824,3976	5,63	10	4"
principal	18897,6378	7,715429536	470824,3976	5,63	150	4"
principal	18897,6378	7,715429536	470824,3976	5,63	200	4"
secundaria	35433,07066	6,443553936	393209,7865	3,76	50	4"
secundaria	35433,07066	6,443553936	393209,7865	3,76	260	4"
secundaria	35433,07066	1,2718756	77614,61113	1,67	70	2"
secundaria	35433,07066	1,2718756	77614,61113	1,67	230	2"

Segundo piso planta flexible

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	Diámetro	Largo (cm)	Diámetro
secundaria	35433,07066	1,7454094	106511,4166	1,96	210	2"
secundaria	35433,07066	1,7438282	106414,9258	1,96	226	2"
secundaria	35433,07066	1,742247	106318,4351	1,96	100	2"
servicio	47244,09449	0,7875	48056,19847	1,14	140	1 1/2"
servicio	47244,09449	0,7875	48056,19847	1,14	790	1 1/2"
secundaria	35433,07066	0,954747	58262,2366	1,45	106	1 1/2"
secundaria	35433,07066	0,9531658	58165,74586	1,45	115	1 1/2"
servicio	47244,09449	0,00459375	280,3278244	0,09	140	1/2"
servicio	47244,09449	0,00459375	280,3278244	0,09	790	1/2"
secundaria	35433,07066	0,94857205	57885,41803	1,44	91	1 1/2"
secundaria	35433,07066	0,94699085	57788,92729	1,44	206	1 1/2"
secundaria	35433,07066	0,94540965	57692,43655	1,44	231	1 1/2"
secundaria	35433,07066	0,94382845	57595,9458	1,44	242	1 1/2"

secundaria	35433,07066	0,94224725	57499,45506	1,44	210	11/2"
secundaria	35433,07066	0,94066605	57402,96431	1,44	135	11/2"
servicio	47244,09449	0,71434125	43591,77764	1,08	930	11/2"
secundaria	35433,07066	0,2263248	13811,18668	0,70	79	3/4"
secundaria	35433,07066	0,2247436	13714,69593	0,70	213	3/4"
secundaria	35433,07066	0,2231624	13618,20519	0,70	450	3/4"
servicio	47244,09449		0	0,00	95	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	53	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	240	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	437	1/2"
secundaria	35433,07066	0,2231624	13618,20519	0,70	8	3/4"
secundaria	35433,07066	0,2231624	13618,20519	0,70	131	3/4"
secundaria	35433,07066	0,2215812	13521,71444	0,70	200	3/4"
secundaria	35433,07066	0,22	13425,2237	0,69	180	3/4"
servicio	47244,09449	0,22	13425,2237	0,60	27	3/4"
servicio	47244,09449	0,22	13425,2237	0,60	206	3/4"
servicio	47244,09449	0,22	13425,2237	0,60	93	3/4"
servicio	47244,09449	0,22	13425,2237	0,60	115	3/4"
servicio	47244,09449	0,22	13425,2237	0,60	144	3/4"
servicio	47244,09449		0	0,00	114	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	31	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	63	1/2"
secundaria	35433,07066		0	0,00	26	1/2"
secundaria	35433,07066	0,0031624	192,9814883	0,08	255	1/2"
secundaria	35433,07066	0,0063248	385,9629767	0,12	213	1/2"
secundaria	35433,07066	0,0094872	578,944465	0,14	162	1/2"
servicio	47244,09449	0,63246	38595,07719	1,02	930	11/2"
secundaria	35433,07066	0,6419472	39174,02166	1,19	55	11/2"
secundaria	35433,07066	0,6451096	39367,00314	1,19	202	11/2"
secundaria	35433,07066	0,648272	39559,98463	1,19	212	11/2"
servicio	47244,09449	0,315	19222,47939	0,72	930	3/4"
secundaria	35433,07066	0,963272	58782,46402	1,45	8	11/2"
secundaria	35433,07066	0,963272	58782,46402	1,45	399	11/2"
secundaria	35433,07066	0,9664344	58975,44551	1,46	282	11/2"
secundaria	35433,07066	0,9695968	59168,427	1,46	205	11/2"
secundaria	35433,07066	0,9727592	59361,40849	1,46	276	11/2"
servicio	47244,09449	0,21	12814,98626	0,59	930	3/4"
secundaria	35433,07066	1,1827592	72176,39475	1,61	26	2"
secundaria	35433,07066	1,1827592	72176,39475	1,61	37	2"
secundaria	35433,07066	1,1827592	72176,39475	1,61	59	2"
secundaria	35433,07066	4,698144536	286698,3699	3,21	453	4
secundaria	35433,07066	4,698144536	286698,3699	3,21	19	4

Estanques de Materia prima

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	Diámetro	Largo (cm)	Diámetro
secundaria	35433,07066	1,271085	77566,36576	1,67	766	2"
secundaria	35433,07066	0,00059295	36,18402906	0,04	213	1/2"
secundaria	35433,07066	0,00059295	36,18402906	0,04	22	1/2"
secundaria	35433,07066	0,00059295	36,18402906	0,04	374	1/2"
secundaria	35433,07066		0	0,00	63	1/2"
secundaria	35433,07066	0,00059295	36,18402906	0,04	14	1/2"
secundaria	35433,07066	0,0003953	24,12268604	0,03	597	1/2"
secundaria	35433,07066	0,00019765	12,06134302	0,02	321	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	16,5	1/2"
secundaria	35433,07066	1,27049205	77530,18173	1,67	275	2"
secundaria	35433,07066	1,2702944	77518,12039	1,67	73	2"
secundaria	35433,07066	1,27009675	77506,05905	1,67	160	2"
secundaria	35433,07066	1,2699	77494,05263	1,67	380	2"
servicio	47244,09449	0,72	43937,09575	1,09	230	1 1/2"
servicio	47244,09449	0,675	41191,02726	1,05	130	1 1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	7	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	30	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	695	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	112	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	58	1/2"
servicio	47244,09449	0,675	41191,02726	1,05	53	1 1/2"
servicio	47244,09449	0,675	41191,02726	1,05	20	1 1/2"
servicio	47244,09449	0,045	2746,068484	0,27	300	1/2"
secundaria	35433,07066	0,5499	33556,95688	1,10	1167	1 1/2"
servicio	47244,09449	0,1749	10673,05284	0,54	110	3/4"
servicio	47244,09449	0,075	4576,780807	0,35	17	1/2"
servicio	47244,09449	0,0999	6096,272035	0,41	792	1/2"
servicio	47244,09449	0,0999	6096,272035	0,41	21	1/2"
servicio	47244,09449	0,0999	6096,272035	0,41	45	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	132	1/2"
servicio	47244,09449	0,0999	6096,272035	0,41	142	1/2"
servicio	47244,09449	0,04995	3048,136018	0,29	437	1/2"
secundaria	35433,07066	0,375	22883,90404	0,91	1270	1
servicio	47244,09449	0,375	22883,90404	0,79	270	1
servicio	47244,09449	0,225	13730,34242	0,61	18	3/4"
servicio	47244,09449	0,15	9153,561614	0,50	16	1/2"
secundaria	35433,07066	0,00019675	12,00642165	0,02	169	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	282	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	7,5	1/2"
servicio	47244,09449	0	0	0,00	213	1/2"
servicio	47244,09449	0	0	0,00	22	1/2"
servicio	47244,09449	0	0	0,00	374	1/2"

servicio	47244,09449		0	0,00	63	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	766	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	250	1/2"
secundaria	35433,07066	0,00019765	12,06134302	0,02	34	1/2"
servicio	47244,09449	0	0	0,00	528	1/2"
servicio	47244,09449	0	0	0,00	52	1/2"
servicio	47244,09449	0	0	0,00	14	1/2"
servicio	47244,09449	0,00019765	12,06134302	0,02	321	1/2"
servicio	47244,09449	0,0003953	24,12268604	0,03	14	1/2"
secundaria	35433,07066	0,00019765	12,06134302	0,02	295	1/2"
secundaria	35433,07066	0,0003953	24,12268604	0,03	51	1/2"
servicio	47244,09449	0,0003953	24,12268604	0,03	528	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	52	1/2"
secundaria	35433,07066	0,0007906	48,24537208	0,04	323	1/2"

Acumulador ceresita

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	Diámetro	Largo (cm)	Diámetro
secundaria	35433,07066	3,515385336	214521,9752	2,78	1120	3
secundaria	35433,07066	3,515385336	214521,9752	2,78	800	3
secundaria	35433,07066	3,515385336	214521,9752	2,78	150	3
secundaria	35433,07066	3,515385336	214521,9752	2,78	16	3
secundaria	35433,07066	3,515385336	214521,9752	2,78	94	3
secundaria	35433,07066	3,515385336	214521,9752	2,78	186	3
secundaria	35433,07066	3,515385336	214521,9752	2,78	512	3
secundaria	35433,07066	3,515385336	214521,9752	2,78	460	3
servicio	47244,09449	0,630478294	38474,14606	1,02	186	11/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	71	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	51	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	55	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	9	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	15	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	85	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	56	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	33	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"

servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
servicio	47244,09449	0,630478294	38474,14606	1,02	40	11/2"
servicio	47244,09449	0,63	38444,95878	1,02	25	11/2"
servicio	47244,09449	0,63	38444,95878	1,02	20	11/2"
servicio	47244,09449	0,000478294	29,1872754	0,03	12	1/2"
servicio	47244,09449	0,000478294	29,1872754	0,03	15	1/2"
secundaria	35433,07066	2,884907042	176047,8291	2,52	603	3
servicio	47244,09449	0,368443139	22483,77982	0,78	33	1
servicio	47244,09449	0,368443139	22483,77982	0,78	247	1
servicio	47244,09449	0,368443139	22483,77982	0,78	271	1
servicio	47244,09449	0,0525	3203,746565	0,29	30	1/2"
servicio	47244,09449	0,0525	3203,746565	0,29	35	1/2"
servicio	47244,09449	0,0525	3203,746565	0,29	300	1/2"
servicio	47244,09449	0,0525	3203,746565	0,29	16	1/2"
servicio	47244,09449	0,0525	3203,746565	0,29	53	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	48	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	21	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	7	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	198	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	33	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	10	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
servicio	47244,09449	0,000943139	57,55386993	0,04	10	1/2"
servicio	47244,09449	0,000943139	57,55386993	0,04	25	1/2"
servicio	47244,09449	0,000943139	57,55386993	0,04	40	1/2"
servicio	47244,09449	0,000943139	57,55386993	0,04	37	1/2"
servicio	47244,09449	0,000943139	57,55386993	0,04	31	1/2"
servicio	47244,09449	0,315	19222,47939	0,72	339	1
servicio	47244,09449	0,315	19222,47939	0,72	15	1
servicio	47244,09449	0,315	19222,47939	0,72	15	1
secundaria	35433,07066	2,516463904	153564,0493	2,35	33	3
secundaria	35433,07066	2,516463904	153564,0493	2,35	14	3
secundaria	35433,07066	2,516463904	153564,0493	2,35	694	3
servicio	47244,09449	0,000694216	42,36362902	0,03	106	1/2"
servicio	47244,09449	0,000694216	42,36362902	0,03	9	1/2"
servicio	47244,09449	0,000694216	42,36362902	0,03	11	1/2"

secundaria	35433,07066	2,515769688	153521,6856	2,35	265	3
secundaria	35433,07066	2,515769688	153521,6856	2,35	80	3
secundaria	35433,07066	2,515769688	153521,6856	2,35	36	3
servicio	47244,09449	0,00164465	100,3627007	0,05	227	1/2"
servicio	47244,09449	0,00164465	100,3627007	0,05	14	1/2"
secundaria	35433,07066	2,514125038	153421,3229	2,35	138	3
secundaria	35433,07066	1,235751828	75410,20332	1,65	24	2"
secundaria	35433,07066	0,78443	47868,85558	1,31	830	11/2"
secundaria	35433,07066	0,23193	14153,23697	0,71	16	3/4"
secundaria	35433,07066	0,22	13425,2237	0,69	358	3/4"
servicio	47244,09449	0,22	13425,2237	0,60	180	3/4"
servicio	47244,09449	0,22	13425,2237	0,60	46	3/4"
secundaria	35433,07066	0,01193	728,013267	0,16	153	1/2"
servicio	47244,09449	0,00795	485,1387656	0,11	187	1/2"
secundaria	35433,07066	0,00398	242,8745015	0,09	322	1/2"
servicio	47244,09449	0,00398	242,8745015	0,08	180	1/2"
secundaria	35433,07066	0,451321828	27541,34774	1,00	86	1
secundaria	35433,07066	0,451321828	27541,34774	1,00	330	1
servicio	47244,09449	0,450694216	27503,04847	0,86	223	1
secundaria	35433,07066	0,000627613	38,29926459	0,04	180	1/2"
servicio	47244,09449	0,000627613	38,29926459	0,03	80	1/2"
servicio	47244,09449	0,000627613	38,29926459	0,03	19	1/2"
servicio	47244,09449	0,000627613	38,29926459	0,03	400	1/2"
servicio	47244,09449	0,000627613	38,29926459	0,03	367	1/2"
servicio	47244,09449	0,000627613	38,29926459	0,03	79	1/2"
servicio	47244,09449	0,000627613	38,29926459	0,03	18	1/2"
servicio	47244,09449	0,000627613	38,29926459	0,03	83	1/2"
servicio	47244,09449	0,000627613	38,29926459	0,03	30	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	145	1/2"
servicio	47244,09449	0,000627613	38,29926459	0,03	148	1/2"
secundaria	35433,07066	1,27837321	78011,11962	1,67	7	2
secundaria	35433,07066	1,27837321	78011,11962	1,67	609	2
secundaria	35433,07066	0,075	4576,780807	0,41	51	1/2"
servicio	47244,09449	0,075	4576,780807	0,35	12,5	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	299	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	109	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	15,5	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	155	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	18	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	170	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"

servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	8	1/2"
secundaria	35433,07066	0,075	4576,780807	0,41	48	1/2"
servicio	47244,09449	0,075	4576,780807	0,35	310	1/2"
secundaria	35433,07066	0,01325	808,5646093	0,17	600	1/2"
secundaria	35433,07066	0,01325	808,5646093	0,17	46	1/2"
secundaria	35433,07066	0,01325	808,5646093	0,17	1000	1/2"
secundaria	35433,07066	0,01325	808,5646093	0,17	55	1/2"
servicio	47244,09449	0,00583	355,7684281	0,10	252	1/2"
servicio	47244,09449	0,00583	355,7684281	0,10	20	1/2"
secundaria	35433,07066	0,00742	452,7961812	0,13	520	1/2"
servicio	47244,09449	0,00742	452,7961812	0,11	210	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	20	1/2"
servicio	47244,09449	0,00742	452,7961812	0,11	20	1/2"
servicio	47244,09449	0,00742	452,7961812	0,11	50	1/2"
secundaria	35433,07066	1,19012321	72625,77421	1,62	1250	2
secundaria	35433,07066	0,03123	1905,771528	0,26	220	1/2"
servicio	47244,09449	0,03123	1905,771528	0,23	180	3/4"
servicio	47244,09449	0,03123	1905,771528	0,23	97	3/4"
servicio	47244,09449	0,01042	635,8674135	0,13	174	1/2"
servicio	47244,09449	0,02081	1269,904115	0,19	170	3/4"
servicio	47244,09449	0,02081	1269,904115	0,19	97	3/4"
servicio	47244,09449	0,02081	1269,904115	0,19	15	3/4"
secundaria	35433,07066	0,94417625	57617,16986	1,44	303	11/2"
servicio	47244,09449	0,00274375	167,4338979	0,07	277	1/2"
secundaria	35433,07066	0,9414325	57449,73596	1,44	207	11/2"
servicio	47244,09449	0,015025	916,881755	0,16	277	1/2"
secundaria	35433,07066	0,9264075	56532,85421	1,43	267	11/2"
servicio	47244,09449	0,0168875	1030,538478	0,17	277	1/2"
secundaria	35433,07066	0,90952	55502,31573	1,41	300	11/2"
servicio	47244,09449	0,00952	580,9460438	0,13	277	1/2"
secundaria	35433,07066	0,9	54921,36969	1,41	370	11/2"
secundaria	35433,07066	0,9	54921,36969	1,41	416	11/2"
servicio	47244,09449	0,9	54921,36969	1,22	318	11/2"
servicio	47244,09449	0,45	27460,68484	0,86	31	1
servicio	47244,09449	0,45	27460,68484	0,86	85	1
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	162	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	43	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	1179	1/2"
secundaria	35433,07066	0	0	0,00	863	1/2"
servicio	47244,09449	0,001852943	113,0734889	0,06	340	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	20	1/2"
servicio	47244,09449	0,001852943	113,0734889	0,06	80	1/2"
servicio	47244,09449	0,001852943	113,0734889	0,06	20	1/2"
secundaria	35433,07066	0,001852943	113,0734889	0,06	716	1/2"
servicio	47244,09449	0,001011075	61,69958206	0,04	325	1/2"
secundaria	35433,07066	0,002864018	174,773071	0,08	284	1/2"

secundaria	35433,07066	0,21471696	13102,83282	0,69	1179	1
secundaria	35433,07066	0,21471696	13102,83282	0,69	43	1
servicio	47244,09449		0	0,00	20	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	240	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	164	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	412	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	14	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	30	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	14	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	105	1/2"
servicio	47244,09449		0	0,00	30	1/2"
servicio	47244,09449	0,211852943	12928,05975	0,59	20	3/4"
servicio	47244,09449	0,211852943	12928,05975	0,59	20	3/4"
servicio	47244,09449	0,211852943	12928,05975	0,59	920	3/4"
servicio	47244,09449	0,211852943	12928,05975	0,59	90	3/4"
servicio	47244,09449	0,211852943	12928,05975	0,59	30	3/4"
servicio	47244,09449	0,211852943	12928,05975	0,59	250	3/4"
servicio	47244,09449	0,211852943	12928,05975	0,59	30	3/4"
servicio	47244,09449	0,211852943	12928,05975	0,59	90	3/4"
servicio	47244,09449	0,211852943	12928,05975	0,59	20	3/4"

A laboratorios y bodega de materia prima

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	Diámetro	Largo (cm)	Diámetro
secundaria					1770	1/2"
servicio					210	1/2"
servicio					66	1/2"
servicio					30	1/2"
servicio					30	1/2"
servicio					45	1/2"
servicio					20	1/2"
secundaria					2000	1/2"
servicio					30	1/2"
servicio					50	1/2"
servicio					120	1/2"
servicio					250	1/2"
servicio					340	1/2"
servicio					60	1/2"
servicio					120	1/2"
secundaria	35433,07066	0,5525	33715,61861	1,10	1502	1 1/2"
secundaria	35433,07066	0,5525	33715,61861	1,10	110	1 1/2"
secundaria	35433,07066	0,5525	33715,61861	1,10	180	1 1/2"
servicio	47244,09449	0,1125	6865,171211	0,43	940	1/2"
servicio	47244,09449	0,1125	6865,171211	0,43	180	1/2"
servicio	47244,09449	0,1125	6865,171211	0,43	30	1/2"
servicio					298	1/2"

servicio					26	1/2"
servicio					2103	1/2"
servicio					54	1/2"
servicio					1807	1/2"
servicio					7	1/2"
servicio					50	1/2"
servicio					7	1/2"
servicio					541	1/2"
servicio					253	1/2"
servicio					60	1/2"
servicio					70	1/2"
servicio					105	1/2"
servicio					126,5	1/2"
servicio					112	1/2"
servicio					115	1/2"
servicio					112,5	1/2"
servicio					7	1/2"
servicio					7	1/2"
servicio					7	1/2"
servicio					7	1/2"
servicio					154	1/2"
servicio					154	1/2"
servicio					154	1/2"
servicio					154	1/2"
servicio					77	1/2"
servicio					77	1/2"
servicio					77	1/2"
servicio					77	1/2"

Cálculos Pérdida de carga Red 1

Compresores

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
0,06	1,107287646	0	0	0
0,29	1,107287646	0	0	0
3,2	1,107287646	0	0	0
2,45	1,107287646	0	0	0
0,11	1,107287646	0	0	0
0,12	1,107287646	0	0	0
1,4	1,107287646	0	0	0
6,2	1,107287646	0	0	0
0,15	1,107287646	0	0	0
0,95	1,107287646	0	0	0
1,64	1,107287646	0	0	0
2	1,107287646	0	0	0
0,4	1,107287646	0	0	0

1,6	1,107287646	0	0	0
1,1	1,107287646	0	0	0
4	1,107287646	0	0	0
0,12	1,107287646	0	0	0
0,1	1,107287646	0	0	0
1,5	1,107287646	0	0	0
2	1,107287646	0	0	0
0,5	1,107287646	0	0	0
2,6	1,107287646	0	0	0
0,7	1,107287646	0	0	0
2,3	1,107287646	0	0	0
			0	0

Segundo piso planta flexible

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
2,1	1,107287646	0,00637	0,000148122	0,430888836
2,26	1,107287646	0,00636	0,000159157	0,462571057
1	1,107287646	0,00635	7,03128E-05	0,204170341
1,4	1,107287646	0,00515	7,98354E-05	0,104784014
7,9	1,107287646	0,00515	0,0004505	0,591281222
1,06	1,107287646	0,007266	8,52829E-05	0,135705911
1,15	1,107287646	0,007244	9,22437E-05	0,146539241
1,4	1,107287646	0	0	0
7,9	1,107287646	0	0	0
0,91	1,107287646	0,00718	7,2348E-05	0,114378755
2,06	1,107287646	0,007157	0,000163252	0,257663691
2,31	1,107287646	0,007135	0,000182501	0,287564448
2,42	1,107287646	0,007113	0,000190603	0,299826795
2,1	1,107287646	0,007091	0,000164887	0,258941025
1,35	1,107287646	0,007069	0,00010567	0,165667159
9,3	1,107287646	0,004272	0,000439921	0,523756139
0,79	1,107287646	0,014422	0,000126157	0,047587614
2,13	1,107287646	0,014216	0,000335288	0,125589565
4,5	1,107287646	0,014011	0,000698139	0,259664079
0,95	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,53	1,107287646	0	0	0
2,4	1,107287646	0	0	0
4,37	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0,014011	1,24114E-05	0,00461625
1,31	1,107287646	0,014011	0,000203236	0,075591098
2	1,107287646	0,013805	0,000305722	0,11290379
1,8	1,107287646	0,0136	0,000271064	0,099390139
0,27	1,107287646	0,0136	4,06596E-05	0,014908521
2,06	1,107287646	0,0136	0,000310218	0,113746493

0,93	1,107287646	0,0136	0,00014005	0,051351572
1,15	1,107287646	0,0136	0,00017318	0,063499256
1,44	1,107287646	0,0136	0,000216851	0,079512111
1,14	1,107287646	0	0	0
0,31	1,107287646	0	0	0
0,63	1,107287646	0	0	0
0,26	1,107287646	0	0	0
2,55	1,107287646	0	0	0
2,13	1,107287646	0	0	0
1,62	1,107287646	0	0	0
9,3	1,107287646	0	0	0
0,55	1,107287646	0	0	0
2,02	1,107287646	0	0	0
2,12	1,107287646	0	0	0
9,3	1,107287646	0,02655	0,002734059	1,435381128
0,08	1,107287646	0,007385	6,54186E-06	0,010502644
3,99	1,107287646	0,007385	0,000326275	0,523819348
2,82	1,107287646	0,00743	0,000232006	0,37369691
2,05	1,107287646	0,007474	0,000169655	0,274162046
2,76	1,107287646	0,007518	0,000229759	0,372499723
9,3	1,107287646	0,123	0,012666263	4,433192183
0,26	1,107287646	0	0	0
0,37	1,107287646	0	0	0
0,59	1,107287646	0	0	0
4,53	1,107287646	0	0	0
0,19	1,107287646	0	0	0
			0,021602171	12,4553531

Estanques de Materia prima

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
7,66	1,107287646	0	0	0
2,13	1,107287646	0	0	0
0,22	1,107287646	0	0	0
3,74	1,107287646	0	0	0
0,63	1,107287646	0	0	0
0,14	1,107287646	0	0	0
5,97	1,107287646	0	0	0
3,21	1,107287646	0	0	0
0,165	1,107287646	0	0	0
2,75	1,107287646	0	0	0
0,73	1,107287646	0	0	0
1,6	1,107287646	0	0	0
3,8	1,107287646	0	0	0
2,3	1,107287646	0,00434	0,000110529	0,132635343
1,3	1,107287646	0	0	0

0,07	1,107287646	0	0	0
0,3	1,107287646	0	0	0
6,95	1,107287646	0	0	0
1,12	1,107287646	0	0	0
0,58	1,107287646	0	0	0
0,53	1,107287646	0	0	0
0,2	1,107287646	0	0	0
3	1,107287646	0	0	0
11,67	1,107287646	0	0	0
1,1	1,107287646	0,0088414	0,00010769	0,031391548
0,17	1,107287646	0,00805	1,51532E-05	0,001894154
7,92	1,107287646	0,01331	0,001167249	0,194347039
0,21	1,107287646	0,01331	3,09498E-05	0,005153141
0,45	1,107287646	0,01331	6,6321E-05	0,011042445
1,32	1,107287646	0	0	0
1,42	1,107287646	0,01331	0,00020928	0,03484505
4,37	1,107287646	0	0	0
12,7	1,107287646	0,010825	0,001522271	0,951419608
2,7	1,107287646	0,010825	0,000323632	0,20227031
0,18	1,107287646	0,01425	2,84019E-05	0,010650723
0,16	1,107287646	0,027	4,78348E-05	0,011958707
1,69	1,107287646	0	0	0
2,82	1,107287646	0	0	0
0,075	1,107287646	0	0	0
2,13	1,107287646	0	0	0
0,22	1,107287646	0	0	0
3,74	1,107287646	0	0	0
0,63	1,107287646	0	0	0
7,66	1,107287646	0	0	0
2,5	1,107287646	0	0	0
0,34	1,107287646	0	0	0
5,28	1,107287646	0	0	0
0,52	1,107287646	0	0	0
0,14	1,107287646	0	0	0
3,21	1,107287646	0	0	0
0,14	1,107287646	0	0	0
2,95	1,107287646	0	0	0
0,51	1,107287646	0	0	0
5,28	1,107287646	0	0	0
0,52	1,107287646	0	0	0
3,23	1,107287646	0	0	0
			0,003629313	1,58760807

Acumulador Ceresita

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
11,2	1,107287646	0	0	0
8	1,107287646	0	0	0
1,5	1,107287646	0	0	0
0,16	1,107287646	0	0	0
0,94	1,107287646	0	0	0
1,86	1,107287646	0	0	0
5,12	1,107287646	0	0	0
4,6	1,107287646	0	0	0
1,86	1,107287646	0	0	0
0,71	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,51	1,107287646	0	0	0
0,55	1,107287646	0	0	0
0,09	1,107287646	0	0	0
0,15	1,107287646	0	0	0
0,85	1,107287646	0	0	0
0,56	1,107287646	0	0	0
0,33	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,4	1,107287646	0	0	0
0,25	1,107287646	0	0	0
0,2	1,107287646	0	0	0
0,12	1,107287646	0	0	0
0,15	1,107287646	0	0	0
6,03	1,107287646	0	0	0
0,33	1,107287646	0,010516	3,8426E-05	0,023596316
2,47	1,107287646	0,010516	0,000287613	0,176614847
2,71	1,107287646	0,010516	0,000315559	0,193775803
0,3	1,107287646	0	0	0
0,35	1,107287646	0	0	0
3	1,107287646	0	0	0
0,16	1,107287646	0	0	0

0,53	1,107287646	0	0	0
0,48	1,107287646	0	0	0
0,21	1,107287646	0	0	0
0,07	1,107287646	0	0	0
1,98	1,107287646	0	0	0
0,33	1,107287646	0	0	0
0,1	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,1	1,107287646	0	0	0
0,25	1,107287646	0	0	0
0,4	1,107287646	0	0	0
0,37	1,107287646	0	0	0
0,31	1,107287646	0	0	0
3,39	1,107287646	0,008005	0,000300484	0,15775415
0,15	1,107287646	0,008005	1,32958E-05	0,006980272
0,15	1,107287646	0,008005	1,32958E-05	0,006980272
0,33	1,107287646	0	0	0
0,14	1,107287646	0	0	0
6,94	1,107287646	0	0	0
1,06	1,107287646	0	0	0
0,09	1,107287646	0	0	0
0,11	1,107287646	0	0	0
2,65	1,107287646	0	0	0
0,8	1,107287646	0	0	0
0,36	1,107287646	0	0	0
2,27	1,107287646	0	0	0
0,14	1,107287646	0	0	0
1,38	1,107287646	0	0	0
0,24	1,107287646	0	0	0
8,3	1,107287646	0,005113	0,00046991	0,61435201
0,16	1,107287646	0,0151509	2,68422E-05	0,010375871
3,58	1,107287646	0,0136	0,000539116	0,197675943
1,8	1,107287646	0,0136	0,000271064	0,099390139
0,46	1,107287646	0,0136	6,92719E-05	0,025399702
1,53	1,107287646	0	0	0
1,87	1,107287646	0	0	0
3,22	1,107287646	0	0	0

1,8	1,107287646	0	0	0
0,86	1,107287646	0,015079	0,000143592	0,108010639
3,3	1,107287646	0,015079	0,000550994	0,414459428
2,23	1,107287646	0,015041	0,0003714	0,278979802
1,8	1,107287646	0	0	0
0,8	1,107287646	0	0	0
0,19	1,107287646	0	0	0
4	1,107287646	0	0	0
3,67	1,107287646	0	0	0
0,79	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,83	1,107287646	0	0	0
0,3	1,107287646	0	0	0
1,45	1,107287646	0	0	0
1,48	1,107287646	0	0	0
0,07	1,107287646	0,007859	6,09152E-06	0,01297873
6,09	1,107287646	0,007859	0,000529962	1,129149499
0,51	1,107287646	0,00805	4,54597E-05	0,005682462
0,125	1,107287646	0,00805	1,11421E-05	0,00139276
2,99	1,107287646	0	0	0
1,09	1,107287646	0	0	0
0,155	1,107287646	0	0	0
1,55	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
0,18	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,08	1,107287646	0	0	0
0,48	1,107287646	0,00805	4,27856E-05	0,005348199
3,1	1,107287646	0,00805	0,000276324	0,034540454
6	1,107287646	0	0	0
0,46	1,107287646	0	0	0
10	1,107287646	0	0	0
0,55	1,107287646	0	0	0
2,52	1,107287646	0	0	0
0,2	1,107287646	0	0	0
5,2	1,107287646	0	0	0
2,1	1,107287646	0	0	0
0,2	1,107287646	0	0	0
0,2	1,107287646	0	0	0
0,5	1,107287646	0	0	0

			0,004322629	3,5034373
12,5	1,107287646	0	0	0
2,2	1,107287646	0	0	0
1,8	1,107287646	0	0	0
0,97	1,107287646	0	0	0
1,74	1,107287646	0	0	0
1,7	1,107287646	0	0	0
0,97	1,107287646	0	0	0
0,15	1,107287646	0	0	0
3,03	1,107287646	0,007118	0,000238815	0,375805289
2,77	1,107287646	0	0	0
2,07	1,107287646	0,00708	0,00016228	0,254625558
2,77	1,107287646	0	0	0
2,67	1,107287646	0,006869	0,000203079	0,31355667
2,77	1,107287646	0	0	0
3	1,107287646	0,006633	0,000220339	0,334004801
2,77	1,107287646	0	0	0
3,7	1,107287646	0,0065	0,000266303	0,399454018
4,16	1,107287646	0,0065	0,000299411	0,449115869
3,18	1,107287646	0,0065	0,000228876	0,343314535
0,31	1,107287646	0,015	5,14889E-05	0,038616657
0,85	1,107287646	0,015	0,000141179	0,105884381
1,62	1,107287646	0	0	0
0,43	1,107287646	0	0	0
11,79	1,107287646	0	0	0
8,63	1,107287646	0	0	0
3,4	1,107287646	0	0	0
0,2	1,107287646	0	0	0
0,8	1,107287646	0	0	0
0,2	1,107287646	0	0	0
7,16	1,107287646	0	0	0
3,25	1,107287646	0	0	0
2,84	1,107287646	0	0	0
11,79	1,107287646	0,004059	0,000529899	0,189630596
0,43	1,107287646	0,004059	1,93263E-05	0,006916129
0,2	1,107287646	0	0	0
2,4	1,107287646	0	0	0
1,64	1,107287646	0	0	0
4,12	1,107287646	0	0	0
0,14	1,107287646	0	0	0
0,3	1,107287646	0	0	0
0,14	1,107287646	0	0	0
1,05	1,107287646	0	0	0
0,3	1,107287646	0	0	0
0,2	1,107287646	0,01254	2,77708E-05	0,009805534
0,2	1,107287646	0,01254	2,77708E-05	0,009805534
9,2	1,107287646	0,01254	0,001277456	0,45105455
0,9	1,107287646	0,01254	0,000124968	0,044124902

0,3	1,107287646	0,01254	4,16562E-05	0,014708301
2,5	1,107287646	0,01254	0,000347135	0,122569171
0,3	1,107287646	0,01254	4,16562E-05	0,014708301
0,9	1,107287646	0,01254	0,000124968	0,044124902
0,2	1,107287646	0,01254	2,77708E-05	0,009805534
			0,004402148	3,53163123

A laboratorios y bodega de materia prima

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
17,7	1,107287646	0	0	0
2,1	1,107287646	0	0	0
0,66	1,107287646	0	0	0
0,3	1,107287646	0	0	0
0,3	1,107287646	0	0	0
0,45	1,107287646	0	0	0
0,2	1,107287646	0	0	0
20	1,107287646	0	0	0
0,3	1,107287646	0	0	0
0,5	1,107287646	0	0	0
1,2	1,107287646	0	0	0
2,5	1,107287646	0	0	0
3,4	1,107287646	0	0	0
0,6	1,107287646	0	0	0
1,2	1,107287646	0	0	0
15,02	1,107287646	0	0	0
1,1	1,107287646	0	0	0
1,8	1,107287646	0	0	0
9,4	1,107287646	0,01625	0,001691382	0,317134102
1,8	1,107287646	0,01625	0,000323882	0,060727807
0,3	1,107287646	0,01625	5,39803E-05	0,010121301
2,98	1,107287646	0	0	0
0,26	1,107287646	0	0	0
21,03	1,107287646	0	0	0
0,54	1,107287646	0	0	0
18,07	1,107287646	0	0	0
0,07	1,107287646	0	0	0
0,5	1,107287646	0	0	0
0,07	1,107287646	0	0	0
5,41	1,107287646	0	0	0
2,53	1,107287646	0	0	0
0,6	1,107287646	0	0	0
0,7	1,107287646	0	0	0
1,05	1,107287646	0	0	0
1,265	1,107287646	0	0	0
1,12	1,107287646	0	0	0

1,15	1,107287646	0	0	0
1,125	1,107287646	0	0	0
0,07	1,107287646	0	0	0
0,07	1,107287646	0	0	0
0,07	1,107287646	0	0	0
0,07	1,107287646	0	0	0
1,54	1,107287646	0	0	0
1,54	1,107287646	0	0	0
1,54	1,107287646	0	0	0
1,54	1,107287646	0	0	0
0,77	1,107287646	0	0	0
0,77	1,107287646	0	0	0
0,77	1,107287646	0	0	0
0,77	1,107287646	0	0	0
			0,002069244	0,38798321

Red 2

Compresor

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	diámetro	Largo (cm)	Diámetro
principal	18897,6378	10,5	640749,313	6,57	100	4"
principal	18897,6378	10,5	640749,313	6,57	50	4"
principal	18897,6378	10,5	640749,313	6,57	200	4"
principal	18897,6378	10,5	640749,313	6,57	300	4"
moda color						
tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	diámetro	largo tubería(cm)	
secundaria	35433,0707	7,24829675	442318,206	3,99	600	4"
secundaria	35433,0707	7,24829675	442318,206	3,99	444	4"
secundaria	35433,0707		0	0,00	700	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	100	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	90	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	107	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	104	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	110	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	120	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	180	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	130	½"

gas

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	diámetro	Largo (cm)	Diámetro
secundaria	35433,0707	7,24829675	442318,206	3,99	680	4"
servicio	47244,0945	0,00518	316,102994	0,09	200	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	30	½"
secundaria	35433,0707	7,24311675	442002,103	3,99	320	4"

aerosol

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	diámetro	Largo (cm)	Diámetro
secundaria	35433,0707	7,24311675	442002,103	3,99	890	4"
secundaria	35433,0707	1,4541	88734,6263	1,79	520	2"
servicio	47244,0945	0,842	51381,9925	1,18	240	11/2"
servicio	47244,0945		0	0,00	70	½"
servicio	47244,0945	0,842	51381,9925	1,18	15	11/2"
servicio	47244,0945	0,242	14767,7461	0,63	50	¾"
servicio	47244,0945	0,121	7383,87304	0,45	60	½"
secundaria	35433,0707	0,6121	37352,6338	1,16	560	11/2"
servicio	47244,0945	0,0121	738,387304	0,14	280	½"
servicio	47244,0945	0,0121	738,387304	0,14	240	½"
servicio	47244,0945	0,0121	738,387304	0,14	290	½"
secundaria	35433,0707	0,6	36614,2465	1,15	250	11/2"
secundaria	35433,0707		0	0,00	15	½"
servicio	47244,0945	0,6	36614,2465	0,99	60	1"
servicio	47244,0945	0,6	36614,2465	0,99	50	1"
servicio	47244,0945	0,6	36614,2465	0,99	10	1"
servicio	47244,0945	0,3	18307,1232	0,70	12	¾"
servicio	47244,0945	0,3	18307,1232	0,70	120	¾"
servicio	47244,0945	0,3	18307,1232	0,70	12	¾"

Mantenición

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	diámetro	Largo (cm)	Diámetro
secundaria	35433,0707		0	0,00	790	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	20	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	90	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	600	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	10	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	15	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	110	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	80	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	40	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	590	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	460	½"

secundaria	35433,0707		0	0,00	600	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	30	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	20	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	220	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	100	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	470	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	200	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	220	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	20	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	50	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	50	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	80	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	15	½"

Pintura en Polvo

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	diámetro	Largo (cm)	Diámetro
secundaria	35433,0707	5,78901675	353267,477	3,56	210	4"
secundaria	35433,0707	5,78901675	353267,477	3,56	1000	4"
secundaria	35433,0707		0	0,00	680	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	20	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	30	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	340	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	620	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	280	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	10	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	60	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	120	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	20	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	20	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	350	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	220	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	50	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	10	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	10	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	10	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	10	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	10	½"
secundaria	35433,0707	5,78901675	353267,477	3,56	270	4"
secundaria	35433,0707	5,78901675	353267,477	3,56	60	4"
secundaria	35433,0707	5,78901675	353267,477	3,56	140	4"
secundaria	35433,0707		0	0,00	60	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	300	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	10	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	200	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	270	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	50	½"

secundaria	35433,0707		0	0,00	310	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	250	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	60	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	440	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	250	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	60	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	120	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	10	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	40	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	70	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	170	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	240	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	250	½"
secundaria	35433,0707		0	0,00	160	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	80	½"
secundaria	35433,0707	5,78901675	353267,477	3,56	790	4"
secundaria	35433,0707	5,72651675	349453,493	3,54	560	4"
servicio	47244,0945	0,359	21907,5241	0,77	20	1"
servicio	47244,0945	0,438	26728,3999	0,85	230	1"
servicio	47244,0945	0,438	26728,3999	0,85	120	1"
secundaria	35433,0707	4,92951675	300817,569	3,29	350	4"
secundaria	35433,0707	0,790148	48217,7893	1,32	30	11/2"
secundaria	35433,0707	0,790148	48217,7893	1,32	580	11/2"
secundaria	35433,0707	0,790148	48217,7893	1,32	140	11/2"
secundaria	35433,0707	0,790148	48217,7893	1,32	710	11/2"
servicio	47244,0945		0	0,00	160	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	140	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	60	½"
secundaria	35433,0707	0,790148	48217,7893	1,32	60	11/2"
secundaria	35433,0707		0	0,00	70	½"
servicio	47244,0945	0,067682	4130,20905	0,33	110	½"
servicio	47244,0945	0,067682	4130,20905	0,33	160	½"
servicio	47244,0945	0,067682	4130,20905	0,33	15	½"
servicio	47244,0945	0,722466	44087,5803	1,09	80	11/2"
servicio	47244,0945		0	0,00	170	½"
servicio	47244,0945	0,66895	40821,8336	1,05	30	11/2"
servicio	47244,0945	0,66895	40821,8336	1,05	50	11/2"
servicio	47244,0945	0,66895	40821,8336	1,05	140	11/2"
servicio	47244,0945	0,14953	9124,88045	0,50	30	½"
servicio	47244,0945	0,51942	31696,9532	0,92	30	1"
servicio	47244,0945	0,51942	31696,9532	0,92	150	1"
servicio	47244,0945	0,51942	31696,9532	0,92	220	1"
servicio	47244,0945	0,51942	31696,9532	0,92	30	1"
servicio	47244,0945	0,053516	3265,74669	0,30	110	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	50	½"
servicio	47244,0945	0,053516	3265,74669	0,30	20	½"
servicio	47244,0945	0,053516	3265,74669	0,30	160	½"
servicio	47244,0945	0,053516	3265,74669	0,30	110	½"

secundaria	35433,0707		0	0,00	1370	½"
secundaria	35433,0707	4,13936875	252599,779	3,01	250	3"
secundaria	35433,0707	4,13936875	252599,779	3,01	60	3"
secundaria	35433,0707	4,13936875	252599,779	3,01	940	3"
servicio	47244,0945	0	0	0,00	140	½"
servicio	47244,0945	0	0	0,00	30	½"
servicio	47244,0945	0	0	0,00	1050	½"
secundaria	35433,0707	4,13936875	252599,779	3,01	1400	3"
secundaria	35433,0707	4,13936875	252599,779	3,01	200	3"

Resinas

tipo tubería	velocidad in/min	Caudal(m3/min)	caudal en in3/min	diámetro	Largo (cm)	Diámetro
secundaria	35433,0707	4,13936875	252599,779	3,01	100	3"
servicio	47244,0945	4,13936875	252599,779	2,61	40	3"
servicio	47244,0945	0,945	57667,4382	1,25	15	11/2"
servicio	47244,0945	0	0	0,00	50	½"
secundaria	35433,0707	3,19436875	194932,341	2,65	140	3"
secundaria	35433,0707	3,19436875	194932,341	2,65	330	3"
secundaria	35433,0707	3,16959375	193420,478	2,64	30	3"
secundaria	35433,0707	3,16959375	193420,478	2,64	30	3"
secundaria	35433,0707	2,84148	173397,748	2,50	20	21/2"
secundaria	35433,0707	0,32811375	20022,7295	0,85	30	1"
secundaria	35433,0707	0,32811375	20022,7295	0,85	30	1"
secundaria	35433,0707	0,32811375	20022,7295	0,85	80	1"
secundaria	35433,0707	0,3187425	19450,8608	0,84	320	1"
secundaria	35433,0707	0,30937125	18878,992	0,82	160	1"
secundaria	35433,0707	0,3	18307,1232	0,81	140	1"
secundaria	35433,0707	2,84148	173397,748	2,50	110	21/2"
secundaria	35433,0707	2,84148	173397,748	2,50	370	21/2"
secundaria	35433,0707	2,84148	173397,748	2,50	170	21/2"
secundaria	35433,0707	2,84148	173397,748	2,50	110	21/2"
secundaria	35433,0707	2,84148	173397,748	2,50	20	21/2"
secundaria	35433,0707	2,84148	173397,748	2,50	15	21/2"
servicio	47244,0945	0,21	12814,9863	0,59	10	¾"
servicio	47244,0945	0,21	12814,9863	0,59	15	¾"
secundaria	35433,0707	2,63148	160582,762	2,40	290	21/2"
secundaria	35433,0707	2,63148	160582,762	2,40	550	21/2"
secundaria	35433,0707	0,45	27460,6848	0,99	770	1"
servicio	47244,0945	0,45	27460,6848	0,86	320	1"
servicio	47244,0945		0	0,00	200	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	200	½"
secundaria	35433,0707	2,18148	133122,077	2,19	330	21/2"
secundaria	35433,0707	2,18148	133122,077	2,19	90	21/2"
secundaria	35433,0707	2,18148	133122,077	2,19	900	21/2"
servicio	47244,0945	1,05	64074,9313	1,31	250	11/2"
servicio	47244,0945	0,42	25629,9725	0,83	90	1"

servicio	47244,0945	0,42	25629,9725	0,83	20	1"
servicio	47244,0945	0,42	25629,9725	0,83	30	1"
servicio	47244,0945	0,42	25629,9725	0,83	120	1"
servicio	47244,0945	0,42	25629,9725	0,83	420	1"
servicio	47244,0945	0,42	25629,9725	0,83	40	1"
servicio	47244,0945	0,42	25629,9725	0,83	60	1"
secundaria	35433,0707	1,13148	69047,146	1,58	300	2"
servicio	47244,0945	0	0	0,00	600	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	200	½"
secundaria	35433,0707	1,13148	69047,146	1,58	770	2"
secundaria	35433,0707		0	0,00	300	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	70	½"
secundaria	35433,0707	1,13148	69047,146	1,58	950	2"
secundaria	35433,0707	0,54	32952,8218	1,09	400	1"
servicio	47244,0945	0,225	13730,3424	0,61	50	¾"
servicio	47244,0945	0,315	19222,4794	0,72	600	¾"
servicio	47244,0945	0,315	19222,4794	0,72	400	¾"
servicio	47244,0945	0,315	19222,4794	0,72	250	¾"
servicio	47244,0945	0,315	19222,4794	0,72	30	¾"
secundaria	35433,0707	0,59148	36094,3242	1,14	400	1 1/2"
secundaria	35433,0707	0,59148	36094,3242	1,14	170	1 1/2"
servicio	47244,0945	0,59148	36094,3242	0,99	120	1"
servicio	47244,0945	0,066105	4033,9746	0,33	15	½"
servicio	47244,0945		0	0,00	40	½"

Cálculo Pérdidas de carga Red 2

Compresor

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
1	1,10728765	0	0	0
0,5	1,10728765	0	0	0
2	1,10728765	0	0	0
3	1,10728765	0	0	0

moda color

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
6	1,10728765	0	0	0
4,44	1,10728765	0	0	0
7	1,10728765	0	0	0
1	1,10728765	0	0	0
0,9	1,10728765	0	0	0
1,07	1,10728765	0	0	0
1,04	1,10728765	0	0	0
1,1	1,10728765	0	0	0

1,2	1,10728765	0	0	0
1,8	1,10728765	0	0	0
1,3	1,10728765	0	0	0

gas

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
6,8	1,10728765	0	0	0
2	1,10728765	0	0	0
0,3	1,10728765	0	0	0
3,2	1,10728765	0	0	0

aerosol

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
8,9	1,10728765	0	0	0
5,2	1,10728765	0	0	0
2,4	1,10728765	0,005804	0,00015424	0,21645117
0,7	1,10728765	0	0	0
0,15	1,10728765	0,005804	9,64E-06	0,0135282
0,5	1,10728765	0,01646	9,113E-05	0,03675568
0,6	1,10728765	0,0183	0,00012158	0,02451867
5,6	1,10728765	0	0	0
2,8	1,10728765	0	0	0
2,4	1,10728765	0	0	0
2,9	1,10728765	0	0	0
2,5	1,10728765	0	0	0
0,15	1,10728765	0	0	0
0,6	1,10728765	0,026	0,00017274	0,17273687
0,5	1,10728765	0,026	0,00014395	0,14394739
0,1	1,10728765	0,026	2,8789E-05	0,02878948
0,12	1,10728765	0,024	3,189E-05	0,01594494
1,2	1,10728765	0,024	0,0003189	0,15944942
0,12	1,10728765	0,024	3,189E-05	0,01594494
			0,00110474	0,82806677

Mantenición

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
7,9	1,10728765	0	0	0
0,2	1,10728765	0	0	0
0,9	1,10728765	0	0	0
6	1,10728765	0	0	0
0,1	1,10728765	0	0	0
0,15	1,10728765	0	0	0

1,1	1,10728765	0	0	0
0,8	1,10728765	0	0	0
0,4	1,10728765	0	0	0
5,9	1,10728765	0	0	0
4,6	1,10728765	0	0	0
6	1,10728765	0	0	0
0,3	1,10728765	0	0	0
0,2	1,10728765	0	0	0
2,2	1,10728765	0	0	0
1	1,10728765	0	0	0
4,7	1,10728765	0	0	0
2	1,10728765	0	0	0
2,2	1,10728765	0	0	0
0,2	1,10728765	0	0	0
0,5	1,10728765	0	0	0
0,5	1,10728765	0	0	0
0,8	1,10728765	0	0	0
0,15	1,10728765	0	0	0

Pintura en Polvo

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
2,1	1,10728765	0	0	0
10	1,10728765	0	0	0
6,8	1,10728765	0	0	0
0,2	1,10728765	0	0	0
0,3	1,10728765	0	0	0
3,4	1,10728765	0	0	0
6,2	1,10728765	0	0	0
2,8	1,10728765	0	0	0
0,1	1,10728765	0	0	0
0,6	1,10728765	0	0	0
1,2	1,10728765	0	0	0
0,2	1,10728765	0	0	0
0,2	1,10728765	0	0	0
3,5	1,10728765	0	0	0
2,2	1,10728765	0	0	0
0,5	1,10728765	0	0	0
0,1	1,10728765	0	0	0
0,1	1,10728765	0	0	0
0,1	1,10728765	0	0	0
0,1	1,10728765	0	0	0
0,1	1,10728765	0	0	0
2,7	1,10728765	0	0	0
0,6	1,10728765	0	0	0
1,4	1,10728765	0	0	0
0,6	1,10728765	0	0	0

3	1,10728765	0	0	0
0,1	1,10728765	0	0	0
2	1,10728765	0	0	0
2,7	1,10728765	0	0	0
0,5	1,10728765	0	0	0
3,1	1,10728765	0	0	0
2,5	1,10728765	0	0	0
0,6	1,10728765	0	0	0
4,4	1,10728765	0	0	0
2,5	1,10728765	0	0	0
0,6	1,10728765	0	0	0
1,2	1,10728765	0	0	0
0,1	1,10728765	0	0	0
0,4	1,10728765	0	0	0
0,7	1,10728765	0	0	0
1,7	1,10728765	0	0	0
2,4	1,10728765	0	0	0
2,5	1,10728765	0	0	0
1,6	1,10728765	0	0	0
0,8	1,10728765	0	0	0
7,9	1,10728765	0	0	0
5,6	1,10728765	0	0	0
0,2	1,10728765	0,010073	2,2307E-05	0,01334727
2,3	1,10728765	0,01428	0,00036368	0,26548461
1,2	1,10728765	0,01428	0,00018974	0,13851371
3,5	1,10728765	0	0	0
0,3	1,10728765	0,00518	1,7207E-05	0,02266046
5,8	1,10728765	0,00518	0,00033267	0,43810217
1,4	1,10728765	0,00518	8,0301E-05	0,1057488
7,1	1,10728765	0,00518	0,00040724	0,53629748
1,6	1,10728765	0	0	0
1,4	1,10728765	0	0	0
0,6	1,10728765	0	0	0
0,6	1,10728765	0,00518	3,4415E-05	0,04532091
0,7	1,10728765	0	0	0
1,1	1,10728765	0,00611	7,4421E-05	0,00839491
1,6	1,10728765	0,00611	0,00010825	0,01221078
0,15	1,10728765	0,00611	1,0148E-05	0,00114476
0,8	1,10728765	0,00437	3,8711E-05	0,04661203
1,7	1,10728765	0	0	0
0,3	1,10728765	0	0	0
0,5	1,10728765	0	0	0
1,4	1,10728765	0	0	0
0,3	1,10728765	0,0269	8,9358E-05	0,02226953
0,3	1,10728765	0,0195536	6,4954E-05	0,05623101
1,5	1,10728765	0,0195536	0,00032477	0,28115503
2,2	1,10728765	0,0195536	0,00047633	0,41236071
0,3	1,10728765	0,0195536	6,4954E-05	0,05623101

1,1	1,10728765	0	0	0
0,5	1,10728765	0	0	0
0,2	1,10728765	0	0	0
1,6	1,10728765	0	0	0
1,1	1,10728765	0	0	0
13,7	1,10728765	0	0	0
2,5	1,10728765	0	0	0
0,6	1,10728765	0	0	0
9,4	1,10728765	0	0	0
1,4	1,10728765	0	0	0
0,3	1,10728765	0	0	0
10,5	1,10728765	0	0	0
14	1,10728765	0	0	0
2	1,10728765	0	0	0
			0,00269946	2,4620852

resinas

largo en m	factor de corrección	pérdida por 100m	pérdida	Potencia
1	1,10728765	0	0	0
0,4	1,10728765	0	0	0
0,15	1,10728765	0,00713	1,1842E-05	0,01865185
0,5	1,10728765	0	0	0
1,4	1,10728765	0	0	0
3,3	1,10728765	0	0	0
0,3	1,10728765	0	0	0
0,3	1,10728765	0	0	0
0,2	1,10728765	0,006602	1,4621E-05	0,06924036
0,3	1,10728765	0,008621	2,8638E-05	0,01566075
0,3	1,10728765	0,008621	2,8638E-05	0,01566075
0,8	1,10728765	0,008621	7,6367E-05	0,041762
3,2	1,10728765	0,00818	0,00028984	0,1539758
1,6	1,10728765	0,00774	0,00013713	0,070705
1,4	1,10728765	0,0073	0,00011316	0,0565824
1,1	1,10728765	0,006602	8,0413E-05	0,38082199
3,7	1,10728765	0,006602	0,00027048	1,28094668
1,7	1,10728765	0,006602	0,00012428	0,58854307
1,1	1,10728765	0,006602	8,0413E-05	0,38082199
0,2	1,10728765	0,006602	1,4621E-05	0,06924036
0,15	1,10728765	0,006602	1,0965E-05	0,05193027
0,1	1,10728765	0,0123	1,362E-05	0,00476687
0,15	1,10728765	0,0123	2,0429E-05	0,00715031
2,9	1,10728765	0,005678	0,00018233	0,79965501
5,5	1,10728765	0,005678	0,00034579	1,51658709
7,7	1,10728765	0,015	0,00127892	0,95918792
3,2	1,10728765	0,015	0,0005315	0,39862355
2	1,10728765	0	0	0

2	1,10728765	0	0	0
3,3	1,10728765	0	0	0
0,9	1,10728765	0	0	0
9	1,10728765	0	0	0
2,5	1,10728765	0,0119	0,00032942	0,57648163
0,9	1,10728765	0,0132	0,00013155	0,09208204
0,2	1,10728765	0,0132	2,9232E-05	0,02046268
0,3	1,10728765	0,0132	4,3849E-05	0,03069401
1,2	1,10728765	0,0132	0,00017539	0,12277605
4,2	1,10728765	0,0132	0,00061388	0,42971619
0,4	1,10728765	0,0132	5,8465E-05	0,04092535
0,6	1,10728765	0,0132	8,7697E-05	0,06138803
3	1,10728765	0	0	0
6	1,10728765	0	0	0
2	1,10728765	0	0	0
7,7	1,10728765	0	0	0
3	1,10728765	0	0	0
0,7	1,10728765	0	0	0
9,5	1,10728765	0	0	0
4	1,10728765	0,0212	0,00093898	0,84508193
0,5	1,10728765	0,01425	7,8894E-05	0,02958534
6	1,10728765	0,02655	0,00176391	0,92605234
4	1,10728765	0,02655	0,00117594	0,61736823
2,5	1,10728765	0,02655	0,00073496	0,38585514
0,3	1,10728765	0,02655	8,8195E-05	0,04630262
4	1,10728765	0	0	0
1,7	1,10728765	0	0	0
1,2	1,10728765	0,0253	0,00033617	0,33139888
0,15	1,10728765	0	0	0
0,4	1,10728765	0	0	0
			0,01024053	11,4366845

Cálculos pérdidas de carga red actual

Compresores

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	5,88000	5,88000	0,0636	5,28176E-06	2"	Principal	0,051761268
1,107287646	5,88000	5,88000	0,0636	0,000165495	2"	Principal	1,621853073
1,107287646	5,88000	5,88000	0,0636	0,002176086	2"	Principal	21,32564254
1,107287646	5,88000	5,88000	0,0636	0,001572557	2"	Principal	15,41105495
1,107287646	4,21200	4,21200	0,1583	0,000113934	11/2"	Principal	0,799819223
1,107287646	4,21200	4,21200	0,1583	5,25851E-05	11/2"	Principal	0,369147334
1,107287646	4,21200	4,21200	0,0364	0,000480842	2"	Principal	3,375509961
1,107287646	4,21200	4,21200	0,186	0,012538571	2"	Principal	88,02076821
1,107287646	10,09200	10,09200	0,186	8,23822E-05	2"	Principal	1,385668618
1,107287646	10,09200	10,09200	0,186	0,001730026	2"	Principal	29,09904098
1,107287646	10,09200	10,09200	0,186	0,003151119	2"	Principal	53,00182465
1,107287646	10,09200	10,09200	0,186	0,003676306	2"	Principal	61,83546209
				0,025745185			276,2975529

Estanques de materia prima

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	8,62754	14,96194	0,488656	0,000405812	11/2"	Principal	5,835268875
1,107287646	8,62754	14,96194	0,488656	0,000132565	11/2"	Principal	1,906187832
1,107287646	8,62754	14,96194	0,488656	0,000186674	11/2"	Principal	2,684223682
1,107287646	8,62754	14,96194	0,488656	0,004869745	11/2"	Principal	70,0232265
1,107287646	5,66948	10,76387	0,21202	0,018217929	11/2"	Principal	172,1434894
1,107287646	8,62754	14,96194	0,488656	0,035278595	11/2"	Principal	507,2793742
1,107287646	5,66513	10,75953	0,211889	0,008892177	11/2"	Secundaria	83,95884481
1,107287646	5,66513	10,75953	0,211889	0,003566255	11/2"	Secundaria	33,67214884
1,107287646	4,01888	9,11328	0,110981	0,00038341	11/2"	Secundaria	2,568130665
1,107287646	1,64625	1,64625	0,019925	2,31658E-05	11/2"	Secundaria	0,063561278
1,107287646	1,64625	1,64625	0,019925	0,000121345	11/2"	Secundaria	0,332940028
1,107287646	1,64625	1,64625	0,019925	7,92051E-05	11/2"	Secundaria	0,217319036
1,107287646	0,00435	0,00435	0	0	11/2"	Secundaria	0
1,107287646	0,00435	0,00435	0	0	11/2"	Secundaria	0
1,107287646	0,00435	0,00435	0	0	1/2"	Secundaria	0
1,107287646	0,00316	0,00316	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00316	0,00316	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00316	0,00316	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00119	0,00119	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00198	0,00198	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00198	0,00198	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00158	0,00158	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00040	0,00040	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00119	0,00119	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00079	0,00079	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00040	0,00040	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,00000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,00000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00040	0,00040	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00079	0,00079	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00119	0,00119	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00040	0,00040	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00079	0,00079	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00119	0,00119	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00119	0,00119	0	0	1/2"	Servicio	0
				0,072156878			880,6847151

1,107287646				0	1/2"	Purga	0
1,107287646	0,09990	0,09990	0,01331	0,000201321	1/2"	Servicio	0,033519957
1,107287646	0,04995	0,04995	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,37500	0	0	1/2"	Secundaria	0
1,107287646	0,00000	0,37500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,37500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646		0,22500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	2,18317	2,92817	0,306822	0,024012838	1"	Secundaria	87,37346071
1,107287646	0,79209	0,79209	0,043288	0,000586691	1"	Secundaria	0,774523781
1,107287646	1,39107	2,13607	0,0867498	0,005767261	1"	Secundaria	13,3711538
1,107287646	0,75302	1,28802	0,0397718	4,40388E-06	1"	Secundaria	0,005527045
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	Secundaria	0
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	Secundaria	0
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	Secundaria	0
1,107287646				0	1/2"	Purga	0
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	Secundaria	0
1,107287646	0,63805	0,84805	0,0294245	0,001393506	1"	Secundaria	1,481880366
1,107287646	0,63805	0,84805	0,0294245	0,000184736	1"	Secundaria	0,196452225
1,107287646	0,63246	0,84246	0,0289214	5,60425E-06	1"	Secundaria	0,005907444
1,107287646	0,63246	0,84246	0,0289214	0,000978503	1"	Secundaria	1,031439758
1,107287646	0,63246	0,84246	0,0289214	0,000425923	1"	Secundaria	0,44896576
1,107287646	0,63246	0,84246	0,0289214	0,000163964	1"	Secundaria	0,172834939
1,107287646	0,00246	0,00246	0	0	1"	Secundaria	0
1,107287646	0,00246	0,00246	0	0	1"	Servicio	0
1,107287646	0,00246	0,00246	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00246	0,00246	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00246	0,00246	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,63000	0,84000	0,4072	8,11598E-05	1/2"	Servicio	0,085217743
1,107287646	0,63000	0,84000	0,4072	0,018105389	1/2"	Servicio	19,01065818
1,107287646	0,63000	0,84000	0,4072	0,007665088	1/2"	Servicio	8,0483424
1,107287646	0,63000	0,84000	0,4072	9,24319E-05	1/2"	Servicio	0,097053541
1,107287646	0,63000	0,84000	0,4072	0,000205154	1/2"	Servicio	0,215411517
1,107287646	0,63000	0,84000	0,4072	0,008785544	1/2"	Servicio	9,224820686
1,107287646	0,63000	0,84000	0,4072	8,34142E-05	1/2"	Servicio	0,087584903
1,107287646	0,63000	0,84000	0,4072	7,2142E-05	1/2"	Servicio	0,075749105
1,107287646	0,00000	0,21000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,63000	0,63000	0,4072	8,34142E-05	1/2"	Servicio	0,087584903
1,107287646	0,63000	0,63000	0,4072	0,000205154	1/2"	Servicio	0,215411517
1,107287646	0,63000	0,63000	0,4072	8,34142E-05	1/2"	Servicio	0,087584903
1,107287646				0	1/2"	Purga	0
1,107287646	0,00559	0,00559	0	0	3/4"	Servicio	0
1,107287646	0,00559	0,00559	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,70875	0,70875	0,50625	0,048870002	1/2"	Secundaria	57,72768967
1,107287646	0,70875	0,70875	0,50625	0,001037044	1/2"	Servicio	1,225008326
1,107287646	0,70875	0,70875	0,50625	0,036576825	1/2"	Servicio	43,20637475
1,107287646	0,70875	0,70875	0,50625	0,009868736	1/2"	Servicio	11,6574441
1,107287646	0,70875	0,70875	0,50625	0,000159761	1/2"	Servicio	0,188717499
1,107287646	0,70875	0,70875	0,50625	8,96903E-05	1/2"	Servicio	0,105946666
1,107287646	0,70875	0,70875	0,50625	0,000103704	1/2"	Servicio	0,122500833
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Purga	0
				0,202462131			388,5805536

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	0,00459	0,00459	0	0	1"	Servicio	0
1,107287646	0,00459	0,00459	0	0	1"	Servicio	0
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,004078791	1/2"	Secundaria	5,353413097
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,000126289	1/2"	Secundaria	0,165754213
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,001385765	1/2"	Servicio	1,8188165
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,001365286	1/2"	Servicio	1,791937438
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,017885242	1/2"	Servicio	23,47438044
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,002457514	1/2"	Servicio	3,225487389
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,013758666	1/2"	Servicio	18,05824954
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,000208206	1/2"	Servicio	0,273270459
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,000122876	1/2"	Servicio	0,161274369
1,107287646	0,78750	0,78750	0,6165	0,000464197	1/2"	Servicio	0,609258729
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
1,107287646				0	1/2"	No se pcupa	0
				0,041852832			54,93184217

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	Secundaria	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	Secundaria	0
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,04427	0,57927	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,02056	0,23056	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01897	0,22897	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01739	0,22739	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01581	0,22581	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01423	0,22423	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01265	0,22265	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01265	0,22265	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01265	0,22265	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01265	0,22265	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01265	0,22265	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01265	0,22265	0	0	1/2"	Servicio	0

1,107287646	0,00000	0,21000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,21000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,21000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,21000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,21000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,21000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,21000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,21000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646		0,10500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,10500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,10500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,10500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,10500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,10500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,10500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00316	0,00316	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00632	0,00632	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00949	0,00949	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01265	0,01265	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,10500	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00316	0,10816	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00632	0,11132	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00949	0,11449	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01265	0,11765	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01423	0,11923	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01423	0,11923	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01423	0,11923	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,22000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,22000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,22000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,22000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,00000	0,22000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Purga	0
1,107287646		0,22000	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01423	0,33923	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01581	0,34081	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01739	0,34239	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01739	0,34239	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0

1,107287646			0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Servicio	0
1,107287646				0	1/2"	Purga	0
1,107287646	0,01739	0,34239	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,01897	0,34397	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,02056	0,34556	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,02214	0,34714	0	0	1/2"	Servicio	0
1,107287646	0,02372	0,34872	0	0	1/2"	Servicio	0
				0			0

Pintura en Polvo

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	1,64625	1,64625	0,019925	0,004590146	1 1/2"	secund	12,59421324
1,107287646				0	1/2"	secund	0
1,107287646				0	1"	ss	0
1,107287646	1,64625	1,64625	0,175665	0,010558094	1"	secund	28,96877103
1,107287646	1,64625	1,64625	0,175665	0,008850282	1"	secund	24,28296024
1,107287646	1,64625	1,64625	0,175665	0,001322679	1"	secund	3,62910175
1,107287646	1,64625	1,64625	0,175665	0,023471725	1"	secund	64,40054532
1,107287646			0	0	1/2"	ss	0
1,107287646			0	0	1/2"	ss	0
1,107287646			0	0	1/2"	ss	0
1,107287646			0	0	1/2"	ss	0
1,107287646			0	0	1/2"	ss	0
1,107287646			0	0	1/2"	ss	0
1,107287646			0	0	1/2"	ss	0
				0,048792926			133,8755916

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	1,64625	1,64625	0,175665	0,018181007	1"	secund	49,88413832
1,107287646	1,64625	1,64625	0,175665	0,001147619	1"	secund	3,14877946
1,107287646	1,64625	1,64625	0,175665	0,004625488	1"	secund	12,6911823
1,107287646	0,78700	0,78700	0,04283	0,000112398	1"	secund	0,14742813
1,107287646	0,78700	0,78700	0,04283	0,002731687	1"	secund	3,583063412
1,107287646	0,78700	0,78700	0,04283	0,000635497	1"	secund	0,833559891
1,107287646	0,78700	0,78700	0,04283	0,003342049	1"	secund	4,383654143
1,107287646				0	1"	ss	0
1,107287646				0	1"	ss	0
1,107287646				0	1"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1"	ss	0
1,107287646	0,78700	0,78700	0,04283	0,000244239	1"	secund	0,320360704
1,107287646				0	1"	secund	0
1,107287646				0	1"	secund	0
1,107287646	0,78700	0,78700	0,04283	2,60838E-05	1"	ss	0,034213279

1,107287646	0,06750	0,06750	0,006575	7,9939E-05	1/2"	ss	0,008993134
1,107287646	0,06750	0,06750	0,006575	1,8201E-06	1/2"	ss	0,000204762
1,107287646	0,06750	0,06750	0,006575	0,000116487	1/2"	ss	0,013104749
1,107287646	0,06750	0,06750	0,006575	9,82856E-06	1/2"	ss	0,001105713
1,107287646	0,06750	0,06750	0,006575	8,08126E-06	1/2"	ss	0,000909142
1,107287646	0,71950	0,71950	0,0368	0,000323541	1"	ss	0,387979093
1,107287646				0	1"	ss	0
1,107287646	0,71950	0,71950	0,0368	5,70475E-06	1"	ss	0,006840941
1,107287646	0,66300	0,66300	0,03167	9,3631E-05	1"	ss	0,103462283
1,107287646	0,66300	0,66300	0,03167	0,000175339	1"	ss	0,193749594
1,107287646	0,66300	0,66300	0,03167	0,000468856	1"	ss	0,518086413
1,107287646	0,14400	0,14400	0,0252	3,99022E-05	1/2"	ss	0,009576532
1,107287646	0,51900	0,51900	0,27847	0,000114088	1/2"	ss	0,098686262
1,107287646	0,51900	0,51900	0,27847	0,000986708	1/2"	ss	0,85350281
1,107287646	0,51900	0,51900	0,27847	0,004532692	1/2"	ss	3,920778531
1,107287646	0,51900	0,51900	0,27847	7,70866E-05	1/2"	ss	0,066679907
1,107287646	0,51900	0,51900	0,27847	0,006660282	1/2"	ss	5,761143965
1,107287646	0,51900	0,51900	0,27847	0,000758532	1/2"	ss	0,656130285
1,107287646	0,05650	0,05650	0	0	1"	ss	0
1,107287646					1"	ss	0
1,107287646	0,05650	0,05650	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,05650	0,05650	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,05650	0,05650	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,05650	0,05650	0	0	1/2"	ss	0
				0,045498587			87,62731375

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	0,85925	0,85925	0,0505175	0,0018946	1"	secund	2,713224885
1,107287646	0,79675	0,79675	0,62945	0,007764382	1/2"	ss	10,310452
				0,009658982			0
							13,02367689

Aerosol

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646				0	1/2"	secund	
1,107287646				0	1/2"	secund	
1,107287646	0,61210	1,45410	0,385	0,008730742	1/2"	secund	8,906811586
1,107287646	0,61210	1,45410	0,385	0,037898581	1/2"	secund	38,66286865
1,107287646	0,61210	1,45410	0,385	8,52611E-05	1/2"	secund	0,086980582
1,107287646	0,61210	1,45410	0,385	0,013633258	1/2"	secund	13,90819505
1,107287646	0,00518	0,00518	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,013202049	1/2"	secund	13,58226846
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	9,96872E-05	1/2"	secund	0,102558166
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,01610598	1/2"	secund	16,56983243
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,61210	1,45410	0,3914272	0,036173442	1/2"	secund	36,90293983

1,107287646	0,00000	0,60000	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646				0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,00000	0,60000	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646			0	0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,60000	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,60000	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646		0,30000	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,30000	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646		0,30000	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,61210	0,85410	0,385	0,000545671	1/2"	ss	0,556675724
1,107287646	0,61210	0,85410	0,385	0,000341045	1/2"	ss	0,347922328
1,107287646	0,61210	0,85410	0,385	0,003154663	1/2"	ss	3,21828153
1,107287646	0,61210	0,85410	0,385	9,80503E-05	1/2"	ss	0,100027669
1,107287646	0,60000	0,84200	0,37	9,62787E-05	1/2"	ss	0,096278661
1,107287646	0,60000	0,84200	0,37	9,62787E-05	1/2"	ss	0,096278661
1,107287646	0,60000	0,84200	0,37	9,42302E-05	1/2"	ss	0,094230179
1,107287646	0,01210	0,01210	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,01210	0,01210	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,60000	0,84200	0,37	0,013151255	1/2"	ss	13,15125537
1,107287646	0,60000	0,84200	0,37	8,19393E-05	1/2"	ss	0,081939286
1,107287646	0,60000	0,84200	0,37	0,004785254	1/2"	ss	4,78525429
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1"	ss	0
1,107287646	0,60000	0,84200	0,37	9,62787E-05	1/2"	ss	0,096278661
1,107287646	0,60000	0,84200	0,37	0,000596108	1/2"	ss	0,596108304
1,107287646	0,60000	0,84200	0,37	0,000585866	1/2"	ss	0,585865893
1,107287646	0,60000	0,60000	0,37	3,48242E-05	1/2"	ss	0,034824196
1,107287646	0,00000	0,24200	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646		0,12100	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,12100	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646		0,12100	0	0	1/2"	ss	0
				0,149686742			152,5636755

Gas a taller eléctrico

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,000381412	1/2"	secund	0,392396462
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,019027248	1/2"	secund	19,57523261
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,000108356	1/2"	secund	0,111476268
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,000108356	1/2"	secund	0,111476268
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,060410428	1/2"	secund	62,15024878
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0

1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,025814644	1/2"	secund	26,55810602
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,019842082	1/2"	secund	20,41353415
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,025996682	1/2"	secund	26,74538615
				0,151689208			156,0578567

Mantenición

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,001378284	1/2"	secund	1,417978125
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,000910187	1/2"	secund	0,936400649
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,000130027	1/2"	secund	0,133771521
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,020232162	1/2"	secund	20,81484871
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,008703124	1/2"	secund	8,953773824
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,009708664	1/2"	secund	9,988273588
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,000736818	1/2"	secund	0,758038621
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,002028417	1/2"	secund	2,086835732
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,011175799	1/2"	secund	11,49766225
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,000101854	1/2"	secund	0,104787692
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,00019504	1/2"	secund	0,200657282
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,001581992	1/2"	secund	1,627553509
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,00033807	1/2"	secund	0,347805955
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	9,96872E-05	1/2"	secund	0,102558166
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,007012776	1/2"	secund	7,214744047
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,120404771	1/2"	secund	123,8724287
1,107287646	0,61728	1,45928	0,3914272	0,000312064	1/2"	secund	0,321051651
1,107287646	2,53728	5,59865	0,405824	0,004561044	1"	secund	19,28774118
1,107287646	2,53728	5,59865	0,405824	0,006870774	1"	secund	29,05512933
1,107287646	2,53728	5,59865	0,405824	0,002291756	1"	secund	9,691377342
1,107287646	2,53728	5,59865	0,405824	1,34809E-05	1"	secund	0,057008102
				0,198786792			248,470426

1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
				0,392728738			793,7725044

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	0,00000	0,45000	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,00000	0,45000	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,00000	0,45000	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,00000	0,45000	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,00000	0,45000	0	0	3/4"	secund	0
1,107287646			0	0	3/4"	secund	0
1,107287646			0	0	3/4"	secund	0
1,107287646			0	0	3/4"	secund	0
1,107287646	0,00000	0,45000	0	0	3/4"	secund	0
1,107287646	0,00000	0,45000	0	0	3/4"	secund	0
1,107287646	0,00000	0,45000	0	0	1/2"	secund	0
1,107287646		0,45000	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646			0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	1,24500	1,50789	1,53882	0,149263074	1/2"	secund	309,7208795
1,107287646	1,24500	1,50789	1,53882	0,049038713	1/2"	secund	101,7553301
1,107287646	1,24500	1,50789	1,53882	0,000315225	1/2"	ss	0,654090899
1,107287646	0,00000	0,21000	0,0522	4,65293E-05	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,21000	0,0522	6,64705E-05	1/2"	ss	0
1,107287646		0,21000	0,0522	3,75703E-05	1/2"	ss	0
1,107287646	1,24500	1,29789	1,53882	0,002777384	1/2"	secund	5,76307116
1,107287646	1,24500	1,29789	1,53882	0,004089399	1/2"	secund	8,485503548
1,107287646	1,24500	1,29789	1,53882	0,018231905	1/2"	secund	37,83120332
1,107287646	1,24500	1,29789	1,53882	0,028285012	1/2"	secund	58,69139954
1,107287646	1,24500	1,29789	1,53882	0,063385689	1/2"	secund	131,525305
1,107287646	1,24500	1,29789	1,53882	0,018572688	1/2"	secund	38,53832862
1,107287646	1,24500	1,29789	1,53882	0,002692188	1/2"	secund	5,586289836
1,107287646	0,30000	0,32811	0,099	0,000261995	1/2"	ss	0,130997665
1,107287646	0,30000	0,32811	0,099	2,24724E-05	1/2"	ss	0,011236201
1,107287646	0,30000	0,32811	0,099	0,000334894	1/2"	ss	0,167446806
1,107287646	0,30000	0,32811	0,099	0,000913147	1/2"	ss	0,456573451
1,107287646	0,30000	0,32811	0,099	0,003470616	1/2"	ss	1,73530798
1,107287646	0,30000	0,31874	0,099	0,001738597	1/2"	ss	0,869298312
1,107287646	0,30000	0,30937	0,099	0,001047981	1/2"	ss	0,52399066
1,107287646	0,30000	0,30000	0,099	0,000403407	1/2"	ss	0,201703518
1,107287646	0,30000	0,30000	0,099	2,24724E-05	1/2"	ss	0,011236201
1,107287646	0,30000	0,30000	0,099	6,02918E-06	1/2"	ss	0,003014591
1,107287646	0,94500	0,96978	0,8876	0,000275192	1/2"	ss	0,433427375
1,107287646	0,94500	0,96978	0,8876	0,00020148	1/2"	ss	0,317330757
1,107287646	0,94500	0,96978	0,8876	0,002737177	1/2"	secund	4,311054425
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,94500	0,96978	0,8876	0,00281089	1/2"	secund	4,427151043
1,107287646	0,00000	0,02478		0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,02478		0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,02478		0	1/2"	ss	0

1,107287646		0,02478		0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,94500	0,94500	0,8876	0,032757674	1/2"	secund	51,59333716
1,107287646	0,94500	0,94500	0,8876	0,012383639	1/2"	secund	19,50423187
1,107287646	0,94500	0,94500	0,8876	0,002014798	1/2"	secund	3,173307566
1,107287646	0,94500	0,94500	0,8876	0,000226051	1/2"	secund	0,356029629
1,107287646			0	0	1/2"	secund	0
1,107287646	0,94500	0,94500	0,8876	0,000255535	1/2"	ss	0,402468277
1,107287646	0,94500	0,94500	0,8876	0,000230965	1/2"	ss	0,363769404
1,107287646	0,94500	0,94500	0,8876	0,001528298	1/2"	ss	2,407069885
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
				0,400445159			789,9513843

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	0,67500	1,13148	0,463	0,002665906	1/2"	secund	2,999143953
1,107287646	0,67500	1,13148	0,463	0,080069453	1/2"	secund	90,07813512
1,107287646	0,67500	1,13148	0,463	0,030750197	1/2"	secund	34,59397198
1,107287646	0,67500	1,13148	0,463	0,000348618	1/2"	secund	0,392195748
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,67500	1,13148	0,463	0,039009378	1/2"	secund	43,88555065
1,107287646	0,22500	0,54000	0,06	0,000377364	1/2"	ss	0,141511361
1,107287646	0,22500	0,54000	0,06	0,000139518	1/2"	ss	0,052319341
1,107287646	0,22500	0,54000	0,06	9,30122E-05	1/2"	ss	0,034879561
1,107287646	0,22500	0,54000	0,06	5,3482E-05	1/2"	ss	0,020055747
1,107287646	0,22500	0,54000	0,06	0,002677754	1/2"	ss	1,004157643
1,107287646	0,22500	0,54000	0,06	6,64373E-05	1/2"	ss	0,024913972
1,107287646	0,22500	0,54000	0,06	0,001521745	1/2"	ss	0,570654529
1,107287646	0,22500	0,54000	0,06	1,36196E-05	1/2"	ss	0,005107364
1,107287646	0,22500	0,54000	0,06	0,000114936	1/2"	ss	0,043101172
1,107287646	0,00000	0,31500	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,31500	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,31500	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,31500	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,31500	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,22500	0,22500	0,06	9,30122E-05	1/2"	ss	0,034879561
1,107287646	0,22500	0,22500	0,06	8,63684E-05	1/2"	ss	0,032388164
1,107287646	0,22500	0,22500	0,06	0,000126231	1/2"	ss	0,047336547
1,107287646	0,22500	0,22500	0,06	0,000149484	1/2"	ss	0,056056437
1,107287646	0,22500	0,22500	0,06	0,00383343	1/2"	ss	1,437536186
1,107287646	0,22500	0,22500	0,06	6,67694E-05	1/2"	ss	0,025038542
1,107287646	0,22500	0,22500	0,06	6,97591E-06	1/2"	ss	0,002615967
1,107287646	0,22500	0,22500	0,06	6,31154E-05	1/2"	ss	0,023668273

1,107287646	0,45000	0,59148	0,2135	0,024652409	1/2"	secund	18,48930641
1,107287646	0,45000	0,59148	0,2135	0,001560279	1/2"	secund	1,170209266
1,107287646	0,45000	0,59148	0,2135	0,000945624	1/2"	secund	0,709217737
1,107287646	0,45000	0,59148	0,2135	0,001536638	1/2"	secund	1,152478823
1,107287646	0,45000	0,59148	0,2135	0,003758854	1/2"	secund	2,819140505
1,107287646	0,45000	0,59148	0,2135	0,002838053	1/2"	ss	2,128539734
1,107287646	0,45000	0,59148	0,2135	0,000209219	1/2"	ss	0,156914424
1,107287646		0,07538		0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,45000	0,51611	0,2135	4,96452E-05	1/2"	ss	0,037233931
1,107287646	0,00000	0,06611	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646	0,00000	0,06611	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646		0,01893	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646		0,04718	0	0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
1,107287646				0	1/2"	ss	0
				0,197877529			202,1682587

Planta Industrial

factor de corrección	caudal de aire libre(m3/min)	caudal de aire libre(m3/min)	pérdida por 100m	pérdida	tamaño tubería	tipo	Potencia
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,011741871	1"	secund	28,9945301
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,00160695	1"	secund	3,968086098
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,028797814	1"	secund	71,11124591
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,018833134	1"	secund	46,5051833
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,002604532	1"	secund	6,431442517
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,002243366	1"	secund	5,539605344
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,000469357	1"	secund	1,158995444
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,00021479	1 1/2"	secund	0,530387746
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,00019888	1"	secund	0,491099765
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,001384204	1"	secund	3,418054361
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,002847961	1"	secund	7,032548628
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,007980654	1"	secund	19,70685135
1,107287646	1,48160	3,51463	0,143688	0,007203431	1"	secund	17,78763347
1,107287646	1,48112	2,88415	0,1436016	0,005682956	1"	secund	14,02855106
1,107287646	0,94889	1,15952	0,06086668	1,81972E-05	1"	secund	0,028778587
1,107287646	0,94889	1,15952	0,06086668	1,81972E-05	1"	secund	0,028778587
1,107287646	0,00000	0,00063	0	0	1"	secund	0
1,107287646	0,94889	1,15889	0,06086668	0,000281045	1"	secund	0,444469284
1,107287646	0,94889	1,15889	0,06086668	0,00022241	1"	secund	0,351738283
1,107287646	0,94889	1,15889	0,06086668	0,001851393	1"	secund	2,927954735
1,107287646	0,94889	1,15889	0,06086668	0,000489976	1"	secund	0,774890095
1,107287646	0,94889	1,15889	0,06086668	2,02191E-05	1"	secund	0,031976208
1,107287646	0,94889	1,15889	0,06086668	0,001570348	1"	secund	2,48348545
1,107287646	0,94889	1,15889	0,06086668	0,009213159	1"	secund	14,57049189
1,107287646	0,53223	1,72463	0,0205784	0,000524994	1"	secund	0,465692828
1,107287646	0,53128	1,35619	0,0205784	6,08392E-05	1/2"	ss	0,053871374
1,107287646	0,53128	1,35619	0,0205784	2,05076E-05	1/2"	ss	0,01815889
1,107287646	0,53128	1,35619	0,0205784	0,001569514	1/2"	secund	1,389760401
1,107287646	0,94889	1,15889	0,06086668	2,49369E-05	1"	secund	0,0394374
1,107287646	0,90000	0,90000	0,055	0,00248719	1"	secund	3,730784265
1,107287646	0,90000	0,90000	0,055	4,68936E-05	1"	ss	0,070340448
1,107287646	0,90000	0,90000	0,803	0,003245405	1/2"	ss	4,868107088
1,107287646	0,90000	0,90000	0,803	0,02603437	1/2"	ss	39,05155495

1,107287646	0,45000	0,45000	0,2135	0,001829782	1/2"	ss	1,372336321
1,107287646	0,45000	0,45000	0,2135	5,55554E-05	1/2"	ss	0,041666542
1,107287646	0,45000	0,45000	0,2135	0,000617019	1/2"	ss	0,462764574
1,107287646	0,53059	1,35549	0,2915667	0,008468308	1/2"	secund	7,488650256
1,107287646	0,53059	1,35549	0,2915667	0,003439948	1/2"	secund	3,041996511
1,107287646	0,53059	1,35549	0,2915667	5,97269E-05	1/2"	secund	0,052817396
1,107287646	0,52894	1,35385	0,2897022	0,004253591	1/2"	secund	3,749854299
1,107287646	0,52894	1,27885	0,2897022	0,000596658	1/2"	secund	0,525997662
1,107287646	0,52825	0,82815	0,2889225	0,026380629	1/2"	secund	23,22594559
1,107287646	0,52825	0,59698	0,2889225	0,024021217	1/2"	secund	21,14867966
1,107287646	0,52825	0,59698	0,2889225	0,000299125	1/2"	secund	0,263355071
1,107287646	0,51500	0,55250	0,27395	6,2185E-05	1/2"	secund	0,053375456
1,107287646	0,51500	0,55250	0,27395	0,00284686	1/2"	secund	2,443554416
1,107287646	0,51500	0,55250	0,27395	0,018770769	1/2"	secund	16,11157669
1,107287646	0,51500	0,55250	0,27395	0,000455012	1/2"	secund	0,390552118
1,107287646	0,51500	0,55250	0,27395	0,003306422	1/2"	secund	2,838012055
1,107287646	0,51500	0,55250	0,27395	0,005672485	1/2"	secund	4,868883066
1,107287646	0,51500	0,51500	0,27395	0,0286688	1/2"	ss	24,60738709
1,107287646	0,51500	0,51500	0,27395	0,005702819	1/2"	ss	4,894919874
1,107287646	0,51500	0,51500	0,27395	0,000843289	1/2"	ss	0,723823258
1,107287646	0,44000	0,44000	0,2048	5,21577E-05	1/2"	ss	0,038248963
1,107287646	0,44000	0,44000	0,2048	4,64884E-05	1/2"	ss	0,034091467
1,107287646	0,44000	0,44000	0,2048	0,000148536	1/2"	ss	0,108926396

Velocidades red actual

Estanques de materia prima

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
913033,7722	1,5	1,76625	516933,4875	218,8351763
913033,7722	1,5	1,76625	516933,4875	218,8351763
913033,7722	1,5	1,76625	516933,4875	218,8351763
913033,7722	1,5	1,76625	516933,4875	218,8351763
656851,9022	1,5	1,76625	371890,6736	157,4337185
913033,7722	1,5	1,76625	516933,4875	218,8351763
656586,5527	1,5	1,76625	371740,4403	157,3701197
656586,5527	1,5	1,76625	371740,4403	157,3701197
556126,2139	1,5	1,76625	314862,6831	133,2918691
100460,3387	1,5	1,76625	56877,75723	24,07825056
100460,3387	1,5	1,76625	56877,75723	24,07825056
100460,3387	1,5	1,76625	56877,75723	24,07825056
265,3495464	1,5	1,76625	150,2332889	0,063598759
265,3495464	1,5	1,76625	150,2332889	0,063598759
265,3495464	0,5	0,19625	1352,0996	0,572388831
192,9814883	0,5	0,19625	983,3451634	0,416282786
192,9814883	0,5	0,19625	983,3451634	0,416282786
192,9814883	0,5	0,19625	983,3451634	0,416282786
72,36805812	0,5	0,19625	368,7544363	0,156106045
120,6134302	0,5	0,19625	614,5907271	0,260176741
120,6134302	0,5	0,19625	614,5907271	0,260176741
96,49074416	0,5	0,19625	491,6725817	0,208141393
24,12268604	0,5	0,19625	122,9181454	0,052035348
72,36805812	0,5	0,19625	368,7544363	0,156106045
48,24537208	0,5	0,19625	245,8362909	0,104070696
24,12268604	0,5	0,19625	122,9181454	0,052035348

24,12268604	0,5	0,19625	122,9181454	0,052035348
48,24537208	0,5	0,19625	245,8362909	0,104070696
72,36805812	0,5	0,19625	368,7544363	0,156106045
24,12268604	0,5	0,19625	122,9181454	0,052035348
48,24537208	0,5	0,19625	245,8362909	0,104070696
72,36805812	0,5	0,19625	368,7544363	0,156106045
72,36805812	0,5	0,19625	368,7544363	0,156106045
180512,4274	1	0,785	229952,1368	97,34640456
180512,4274	1	0,785	229952,1368	97,34640456
180512,4274	1	0,785	229952,1368	97,34640456
256181,87	1	0,785	326346,3313	138,1532802
43937,09575	1	0,785	55970,82261	23,6943149
43937,09575	0,75	0,4415625	99503,68464	42,12322649
43937,09575	0,75	0,4415625	99503,68464	42,12322649
43937,09575	0,75	0,4415625	99503,68464	42,12322649
2746,068484	0,75	0,4415625	6218,98029	2,632701656
2746,068484	0,5	0,19625	13992,70565	5,923578726
2746,068484	0,5	0,19625	13992,70565	5,923578726
2746,068484	0,5	0,19625	13992,70565	5,923578726
2746,068484	0,5	0,19625	13992,70565	5,923578726
2746,068484	0,5	0,19625	13992,70565	5,923578726
41191,02726	0,5	0,19625	209890,5848	88,85368089
41191,02726	0,75	0,4415625	93284,70435	39,49052484
41191,02726	0,5	0,19625	209890,5848	88,85368089
41191,02726	0,5	0,19625	209890,5848	88,85368089
41191,02726	0,5	0,19625	209890,5848	88,85368089

Primer piso planta flexible

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
212244,7743	1	0,785	270375,5087	114,4589653
33556,95688	1	0,785	42747,71577	18,09653301
33556,95688	0,5	0,19625	170990,8631	72,38613203
10673,05284	0,5	0,19625	54384,98264	23,02297598
10673,05284	0,5	0,19625	54384,98264	23,02297598
10673,05284	0,5	0,19625	54384,98264	23,02297598
10673,05284	0,5	0,19625	54384,98264	23,02297598
10673,05284	0,5	0,19625	54384,98264	23,02297598
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
6096,272035	0,5	0,19625	31063,80655	13,15034477
6096,272035	0,5	0,19625	31063,80655	13,15034477
6096,272035	0,5	0,19625	31063,80655	13,15034477
6096,272035	0,5	0,19625	31063,80655	13,15034477
6096,272035	0,5	0,19625	31063,80655	13,15034477
3048,136018	0,5	0,19625	15531,90327	6,575172385
22883,90404	0,5	0,19625	116605,8804	49,36315605
22883,90404	0,5	0,19625	116605,8804	49,36315605
22883,90404	0,5	0,19625	116605,8804	49,36315605
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
178687,8174	1	0,785	227627,7929	96,36243231
48336,52935	1	0,785	61575,19662	26,06683324
130351,2881	1	0,785	166052,5963	70,29559908

78600,02255	1	0,785	100127,4173	42,38727331
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
51751,26551	1	0,785	65925,17899	27,90832577
51751,26551	1	0,785	65925,17899	27,90832577
51410,06345	1	0,785	65490,52669	27,72432296
51410,06345	1	0,785	65490,52669	27,72432296
51410,06345	1	0,785	65490,52669	27,72432296
51410,06345	1	0,785	65490,52669	27,72432296
150,1184105	1	0,785	191,2336439	0,080955576
150,1184105	1	0,785	191,2336439	0,080955576
150,1184105	0,5	0,19625	764,9345757	0,323822304
150,1184105	0,5	0,19625	764,9345757	0,323822304
150,1184105	0,5	0,19625	764,9345757	0,323822304
150,1184105	0,5	0,19625	764,9345757	0,323822304
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
51259,94504	0,5	0,19625	261197,1722	110,5734695
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
38444,95878	0,5	0,19625	195897,8791	82,93010216
38444,95878	0,5	0,19625	195897,8791	82,93010216
38444,95878	0,5	0,19625	195897,8791	82,93010216
341,2020604	0,75	0,4415625	772,715211	0,327116106
341,2020604	0,5	0,19625	1738,609225	0,736011238
43250,57863	0,5	0,19625	220385,114	93,29636493
43250,57863	0,5	0,19625	220385,114	93,29636493
43250,57863	0,5	0,19625	220385,114	93,29636493
43250,57863	0,5	0,19625	220385,114	93,29636493
43250,57863	0,5	0,19625	220385,114	93,29636493
43250,57863	0,5	0,19625	220385,114	93,29636493
43250,57863	0,5	0,19625	220385,114	93,29636493
43250,57863	0,5	0,19625	220385,114	93,29636493
43250,57863	0,5	0,19625	220385,114	93,29636493
280,3308756	1	0,785	357,1093957	0,151176311
280,3308756	1	0,785	357,1093957	0,151176311
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277
48056,19847	0,5	0,19625	244872,3489	103,6626277

Segundo piso planta flexible

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
35349,44393	0,5	0,19625	180124,555	76,2527283
14069,36593	0,5	0,19625	71691,03661	30,34920549
13972,87519	0,5	0,19625	71199,36402	30,1410641
13876,38445	0,5	0,19625	70707,69144	29,93292271
13779,8937	0,5	0,19625	70216,01886	29,72478132
13683,40296	0,5	0,19625	69724,34628	29,51663992
13586,91221	0,5	0,19625	69232,6737	29,30849853
13586,91221	0,5	0,19625	69232,6737	29,30849853
13586,91221	0,5	0,19625	69232,6737	29,30849853
13586,91221	0,5	0,19625	69232,6737	29,30849853
13586,91221	0,5	0,19625	69232,6737	29,30849853
13586,91221	0,5	0,19625	69232,6737	29,30849853
13586,91221	0,5	0,19625	69232,6737	29,30849853
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
192,9814883	0,5	0,19625	983,3451634	0,416282786
385,9629767	0,5	0,19625	1966,690327	0,832565572
578,944465	0,5	0,19625	2950,03549	1,248848357
771,9259533	0,5	0,19625	3933,380654	1,665131143
6407,49313	0,5	0,19625	32649,64652	13,82168369
6600,474618	0,5	0,19625	33632,99169	14,23796648
6793,456107	0,5	0,19625	34616,33685	14,65424926
6986,437595	0,5	0,19625	35599,68201	15,07053205
7179,419083	0,5	0,19625	36583,02718	15,48681484
7275,909827	0,5	0,19625	37074,69976	15,69495623
7275,909827	0,5	0,19625	37074,69976	15,69495623
7275,909827	0,5	0,19625	37074,69976	15,69495623
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821

20701,13353	0,5	0,19625	105483,4829	44,65467444
20797,62427	0,5	0,19625	105975,1555	44,86281584
20894,11502	0,5	0,19625	106466,8281	45,07095723
20894,11502	0,5	0,19625	106466,8281	45,07095723
20894,11502	0,5	0,19625	106466,8281	45,07095723
20990,60576	0,5	0,19625	106958,5007	45,27909862
21087,0965	0,5	0,19625	107450,1733	45,48724002
21183,58725	0,5	0,19625	107941,8459	45,69538141
21280,07799	0,5	0,19625	108433,5184	45,9035228

Mezclador pantalón

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
100460,3387	1,5	1,76625	56877,75723	24,07825056
100460,3387	1	0,785	127974,9538	54,17606376
100460,3387	1	0,785	127974,9538	54,17606376
100460,3387	1	0,785	127974,9538	54,17606376
100460,3387	1	0,785	127974,9538	54,17606376

Pintura en polvo

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
100460,3387	1	0,785	127974,9538	54,17606376
100460,3387	1	0,785	127974,9538	54,17606376
100460,3387	1	0,785	127974,9538	54,17606376
48025,6866	1	0,785	61179,2186	25,89920254
48025,6866	1	0,785	61179,2186	25,89920254
48025,6866	1	0,785	61179,2186	25,89920254
48025,6866	1	0,785	61179,2186	25,89920254
48025,6866	1	0,785	61179,2186	25,89920254
48025,6866	1	0,785	61179,2186	25,89920254
48025,6866	1	0,785	61179,2186	25,89920254
4119,102726	0,5	0,19625	20989,05848	8,885368089
4119,102726	0,5	0,19625	20989,05848	8,885368089
4119,102726	0,5	0,19625	20989,05848	8,885368089
4119,102726	0,5	0,19625	20989,05848	8,885368089
4119,102726	0,5	0,19625	20989,05848	8,885368089
43906,58388	1	0,785	55931,95398	23,67786052
43906,58388	1	0,785	55931,95398	23,67786052
40458,74233	1	0,785	51539,79915	21,81851497
40458,74233	1	0,785	51539,79915	21,81851497
40458,74233	1	0,785	51539,79915	21,81851497
8787,41915	0,5	0,19625	44776,65809	18,95545192
31671,32319	0,5	0,19625	161382,5385	68,31860797
31671,32319	0,5	0,19625	161382,5385	68,31860797
31671,32319	0,5	0,19625	161382,5385	68,31860797
31671,32319	0,5	0,19625	161382,5385	68,31860797
31671,32319	0,5	0,19625	161382,5385	68,31860797
31671,32319	0,5	0,19625	161382,5385	68,31860797
31671,32319	0,5	0,19625	161382,5385	68,31860797
3447,841541	1	0,785	4392,15483	1,859345544
3447,841541	0,5	0,19625	17568,61932	7,437382178
3447,841541	0,5	0,19625	17568,61932	7,437382178
3447,841541	0,5	0,19625	17568,61932	7,437382178
3447,841541	0,5	0,19625	17568,61932	7,437382178
52434,65211	1	0,785	66795,73518	28,27686122

48620,66811	0,5	0,19625	247748,6273	104,8802522
-------------	-----	---------	-------------	-------------

Aerosol

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
88734,62629	0,5	0,19625	452150,962	191,4105739
88734,62629	0,5	0,19625	452150,962	191,4105739
88734,62629	0,5	0,19625	452150,962	191,4105739
88734,62629	0,5	0,19625	452150,962	191,4105739
316,1029944	0,5	0,19625	1610,715895	0,681869729
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
88734,62629	0,5	0,19625	452150,962	191,4105739
36614,24646	0,5	0,19625	186569,4087	78,98104968
36614,24646	0,5	0,19625	186569,4087	78,98104968
36614,24646	0,5	0,19625	186569,4087	78,98104968
36614,24646	0,5	0,19625	186569,4087	78,98104968
18307,12323	0,5	0,19625	93284,70435	39,49052484
18307,12323	0,5	0,19625	93284,70435	39,49052484
18307,12323	0,5	0,19625	93284,70435	39,49052484
52120,37983	0,5	0,19625	265581,5533	112,4295242
52120,37983	0,5	0,19625	265581,5533	112,4295242
52120,37983	0,5	0,19625	265581,5533	112,4295242
52120,37983	0,5	0,19625	265581,5533	112,4295242
51381,99253	0,5	0,19625	261819,0702	110,8367397
51381,99253	0,5	0,19625	261819,0702	110,8367397
51381,99253	0,5	0,19625	261819,0702	110,8367397
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502
51381,99253	0,5	0,19625	261819,0702	110,8367397
51381,99253	0,5	0,19625	261819,0702	110,8367397
51381,99253	0,5	0,19625	261819,0702	110,8367397
51381,99253	0,5	0,19625	261819,0702	110,8367397
51381,99253	0,5	0,19625	261819,0702	110,8367397
51381,99253	0,5	0,19625	261819,0702	110,8367397
36614,24646	0,5	0,19625	186569,4087	78,98104968
14767,74607	0,5	0,19625	75249,66151	31,85569004
7383,873035	0,5	0,19625	37624,83075	15,92784502
7383,873035	0,5	0,19625	37624,83075	15,92784502
7383,873035	0,5	0,19625	37624,83075	15,92784502
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502

738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502
738,3873035	0,5	0,19625	3762,483075	1,592784502

Gas a taller eléctrico

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436

Mantenimiento

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
89050,72928	0,5	0,19625	453761,6779	192,0924436
341650,5086	1	0,785	435223,5778	184,2446479
341650,5086	1	0,785	435223,5778	184,2446479
341650,5086	1	0,785	435223,5778	184,2446479
341650,5086	1	0,785	435223,5778	184,2446479

Resina

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
252599,7793	1	0,785	321783,1584	136,221537
252599,7793	1	0,785	321783,1584	136,221537
64074,9313	1	0,785	81624,11631	34,55420923
25629,97252	0,5	0,19625	130598,5861	55,28673477
25629,97252	0,5	0,19625	130598,5861	55,28673477
25629,97252	0,5	0,19625	130598,5861	55,28673477

25629,97252	0,5	0,19625	130598,5861	55,28673477
25629,97252	0,5	0,19625	130598,5861	55,28673477
25629,97252	0,5	0,19625	130598,5861	55,28673477
25629,97252	0,5	0,19625	130598,5861	55,28673477
25629,97252	0,5	0,19625	130598,5861	55,28673477
188524,848	0,5	0,19625	960636,1682	406,6693112
188524,848	0,75	0,4415625	426949,4081	180,7419161
188524,848	0,5	0,19625	960636,1682	406,6693112
92017,0172	0,5	0,19625	468876,5208	198,4910604
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
119477,702	0,5	0,19625	608803,5773	257,7268477
119477,702	0,5	0,19625	608803,5773	257,7268477
69047,14597	0,5	0,19625	351832,5909	148,9424635
69047,14597	0,5	0,19625	351832,5909	148,9424635
69047,14597	0,5	0,19625	351832,5909	148,9424635
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,75	0,4415625	62189,8029	26,32701656
27460,68484	0,75	0,4415625	62189,8029	26,32701656
27460,68484	0,75	0,4415625	62189,8029	26,32701656
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
92017,0172	0,5	0,19625	468876,5208	198,4910604
92017,0172	0,5	0,19625	468876,5208	198,4910604
92017,0172	0,5	0,19625	468876,5208	198,4910604
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
79202,03094	0,5	0,19625	403577,2277	170,8476931
79202,03094	0,5	0,19625	403577,2277	170,8476931
79202,03094	0,5	0,19625	403577,2277	170,8476931
79202,03094	0,5	0,19625	403577,2277	170,8476931
79202,03094	0,5	0,19625	403577,2277	170,8476931
79202,03094	0,5	0,19625	403577,2277	170,8476931
79202,03094	0,5	0,19625	403577,2277	170,8476931
20022,72951	0,5	0,19625	102026,6472	43,19128065
20022,72951	0,5	0,19625	102026,6472	43,19128065
20022,72951	0,5	0,19625	102026,6472	43,19128065
20022,72951	0,5	0,19625	102026,6472	43,19128065
20022,72951	0,5	0,19625	102026,6472	43,19128065
19450,86075	0,5	0,19625	99112,66625	41,95769538
18878,99199	0,5	0,19625	96198,6853	40,72411011
18307,12323	0,5	0,19625	93284,70435	39,49052484
18307,12323	0,5	0,19625	93284,70435	39,49052484
18307,12323	0,5	0,19625	93284,70435	39,49052484
59179,30143	0,5	0,19625	301550,5805	127,6564124
59179,30143	0,5	0,19625	301550,5805	127,6564124
59179,30143	0,5	0,19625	301550,5805	127,6564124
59179,30143	0,5	0,19625	301550,5805	127,6564124
1511,86326	0,5	0,19625	7703,761834	3,261259176
1511,86326	0,5	0,19625	7703,761834	3,261259176

1511,86326	0,5	0,19625	7703,761834	3,261259176
1511,86326	0,5	0,19625	7703,761834	3,261259176
57667,43817	0,5	0,19625	293846,8187	124,3951532
57667,43817	0,5	0,19625	293846,8187	124,3951532
57667,43817	0,5	0,19625	293846,8187	124,3951532
57667,43817	0,5	0,19625	293846,8187	124,3951532
57667,43817	0,5	0,19625	293846,8187	124,3951532
57667,43817	0,5	0,19625	293846,8187	124,3951532
57667,43817	0,5	0,19625	293846,8187	124,3951532
69047,14597	0,5	0,19625	351832,5909	148,9424635
69047,14597	0,5	0,19625	351832,5909	148,9424635
69047,14597	0,5	0,19625	351832,5909	148,9424635
69047,14597	0,5	0,19625	351832,5909	148,9424635
69047,14597	0,5	0,19625	351832,5909	148,9424635
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
32952,82181	0,5	0,19625	167912,4678	71,08294471
19222,47939	0,5	0,19625	97948,93957	41,46505108
19222,47939	0,5	0,19625	97948,93957	41,46505108
19222,47939	0,5	0,19625	97948,93957	41,46505108
19222,47939	0,5	0,19625	97948,93957	41,46505108
19222,47939	0,5	0,19625	97948,93957	41,46505108
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
13730,34242	0,5	0,19625	69963,52826	29,61789363
36094,32416	0,5	0,19625	183920,1231	77,85951877
36094,32416	0,5	0,19625	183920,1231	77,85951877
36094,32416	0,5	0,19625	183920,1231	77,85951877
36094,32416	0,5	0,19625	183920,1231	77,85951877
36094,32416	0,5	0,19625	183920,1231	77,85951877
36094,32416	0,5	0,19625	183920,1231	77,85951877
36094,32416	0,5	0,19625	183920,1231	77,85951877
36094,32416	0,5	0,19625	183920,1231	77,85951877
4599,664711	0,5	0,19625	23437,78197	9,921994365
31494,65945	0,5	0,19625	160482,3411	67,9375244
4033,974603	0,5	0,19625	20555,2846	8,701737148
4033,974603	0,5	0,19625	20555,2846	8,701737148
1155,026916	0,5	0,19625	5885,487472	2,49152303
2878,947687	0,5	0,19625	14669,79713	6,210214118

Planta industrial

Qin3/min	diámetro	área	velocidad(in/min)	velocidad(m/s)
214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577

214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577
214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577
214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577
214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577
214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577
214475,7053	1,5	1,76625	121429,9818	51,40535896
214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577
214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577
214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577
214475,7053	1	0,785	273217,459	115,6620577
38474,14606	1	0,785	49011,65103	20,7482656
38474,14606	1	0,785	49011,65103	20,7482656
38474,14606	1	0,785	49011,65103	20,7482656
29,1872754	0,5	0,19625	148,7249702	0,062960237
29,1872754	0,5	0,19625	148,7249702	0,062960237
38444,95878	1	0,785	48974,46978	20,73252554
38444,95878	0,5	0,19625	195897,8791	82,93010216
38444,95878	0,5	0,19625	195897,8791	82,93010216
38444,95878	0,5	0,19625	195897,8791	82,93010216
176001,5593	1	0,785	224205,808	94,91379205
70758,21949	1	0,785	90137,85922	38,1583604
70758,21949	1	0,785	90137,85922	38,1583604
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
70719,94166	1	0,785	90089,09765	38,137718
70719,94166	1	0,785	90089,09765	38,137718
70719,94166	1	0,785	90089,09765	38,137718
70719,94166	1	0,785	90089,09765	38,137718
70719,94166	1	0,785	90089,09765	38,137718
70719,94166	1	0,785	90089,09765	38,137718
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
105243,3398	1	0,785	134067,9488	56,75543165
22483,77982	1	0,785	28641,75774	12,12501078
22483,77982	1	0,785	28641,75774	12,12501078
22483,77982	1	0,785	28641,75774	12,12501078
3203,746565	1	0,785	4081,205815	1,727710462
3203,746565	1	0,785	4081,205815	1,727710462
3203,746565	1	0,785	4081,205815	1,727710462
3203,746565	1	0,785	4081,205815	1,727710462
3203,746565	1	0,785	4081,205815	1,727710462
3203,746565	1	0,785	4081,205815	1,727710462
19280,03326	0,5	0,19625	98242,20769	41,58920125
57,55386993	0,5	0,19625	293,268127	0,124150174
57,55386993	0,5	0,19625	293,268127	0,124150174
57,55386993	0,5	0,19625	293,268127	0,124150174
57,55386993	0,5	0,19625	293,268127	0,124150174
57,55386993	0,5	0,19625	293,268127	0,124150174

19222,47939	0,5	0,19625	97948,93957	41,46505108
19222,47939	0,5	0,19625	97948,93957	41,46505108
19222,47939	0,5	0,19625	97948,93957	41,46505108
19222,47939	0,5	0,19625	97948,93957	41,46505108
82759,55998	0,5	0,19625	421704,7642	178,5216835
82759,55998	0,5	0,19625	421704,7642	178,5216835
82759,55998	0,5	0,19625	421704,7642	178,5216835
42,36362902	0,5	0,19625	215,8656256	0,091383115
42,36362902	0,5	0,19625	215,8656256	0,091383115
42,36362902	0,5	0,19625	215,8656256	0,091383115
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	1	0,785	48,76156688	0,020642397
38,27783	0,5	0,19625	195,0462675	0,082569587
38,27783	0,5	0,19625	195,0462675	0,082569587
70719,94166	1	0,785	90089,09765	38,137718
54921,36969	1	0,785	69963,52826	29,61789363
54921,36969	1	0,785	69963,52826	29,61789363
54921,36969	0,5	0,19625	279854,113	118,4715745
54921,36969	0,5	0,19625	279854,113	118,4715745
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
113,0734889	0,5	0,19625	576,1706443	0,243912239
113,0734889	0,5	0,19625	576,1706443	0,243912239
113,0734889	0,5	0,19625	576,1706443	0,243912239
113,0734889	0,5	0,19625	576,1706443	0,243912239
113,0734889	0,5	0,19625	576,1706443	0,243912239
113,0734889	0,5	0,19625	576,1706443	0,243912239
113,0734889	0,5	0,19625	576,1706443	0,243912239
113,0734889	1	0,785	144,0426611	0,06097806
113,0734889	1	0,785	144,0426611	0,06097806
61,69958206	0,5	0,19625	314,3927748	0,133092941
61,69958206	0,5	0,19625	314,3927748	0,133092941
61,69958206	0,5	0,19625	314,3927748	0,133092941
174,773071	1	0,785	222,6408548	0,094251295
12928,05975	1	0,785	16468,86592	6,971819906
12928,05975	1	0,785	16468,86592	6,971819906
12928,05975	1	0,785	16468,86592	6,971819906
12928,05975	1	0,785	16468,86592	6,971819906
12928,05975	1	0,785	16468,86592	6,971819906
12928,05975	1	0,785	16468,86592	6,971819906
0	1	0,785	0	0
12928,05975	0,5	0,19625	65875,46369	27,88727963
12928,05975	0,5	0,19625	65875,46369	27,88727963
12928,05975	0,5	0,19625	65875,46369	27,88727963

12928,05975	0,5	0,19625	65875,46369	27,88727963
12928,05975	0,5	0,19625	65875,46369	27,88727963
113,0734889	0,5	0,19625	576,1706443	0,243912239
113,0734889	0,5	0,19625	576,1706443	0,243912239
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
12814,98626	0,5	0,19625	65299,29304	27,64336739
13102,83282	1	0,785	16691,50678	7,066071202
13102,83282	1	0,785	16691,50678	7,066071202
13102,83282	1	0,785	16691,50678	7,066071202
13102,83282	1	0,785	16691,50678	7,066071202
13102,83282	1	0,785	16691,50678	7,066071202
167,3728741	1	0,785	213,2138524	0,090260531
167,3728741	0,5	0,19625	852,8554095	0,361042123
167,3728741	0,5	0,19625	852,8554095	0,361042123
916,881755	0,5	0,19625	4672,008943	1,977817119
916,881755	0,5	0,19625	4672,008943	1,977817119
916,881755	0,5	0,19625	4672,008943	1,977817119
1030,538478	0,5	0,19625	5251,151482	2,222987461
1030,538478	0,5	0,19625	5251,151482	2,222987461
1030,538478	0,5	0,19625	5251,151482	2,222987461
580,9460438	0,5	0,19625	2960,234618	1,253165988
580,9460438	0,5	0,19625	2960,234618	1,253165988
580,9460438	0,5	0,19625	2960,234618	1,253165988
13270,20569	1	0,785	16904,72063	7,156331732
14187,08745	1	0,785	18072,72286	7,650786012
15217,62593	1	0,785	19385,51074	8,206532877
15798,57197	1	0,785	20125,56939	8,519824374
15798,57197	1	0,785	20125,56939	8,519824374
15798,57197	1	0,785	20125,56939	8,519824374
82717,19635	0,5	0,19625	421488,8986	178,4303004
82717,19635	0,5	0,19625	421488,8986	178,4303004
82717,19635	0,5	0,19625	421488,8986	178,4303004
100,3627007	0,5	0,19625	511,4022967	0,216493639
100,3627007	0,5	0,19625	511,4022967	0,216493639
100,3627007	0,5	0,19625	511,4022967	0,216493639
100,3627007	0,5	0,19625	511,4022967	0,216493639
82616,83365	0,5	0,19625	420977,4963	178,2138068
78040,05284	0,5	0,19625	397656,3202	168,3411755
50537,00437	0,5	0,19625	257513,3981	109,0140052
14107,16404	0,5	0,19625	71883,63843	30,43074026
14107,16404	0,5	0,19625	71883,63843	30,43074026
242,8745015	0,5	0,19625	1237,577078	0,52390763
242,8745015	0,5	0,19625	1237,577078	0,52390763
242,8745015	0,5	0,19625	1237,577078	0,52390763
13864,28954	0,5	0,19625	70646,06135	29,90683264
439,0658388	0,5	0,19625	2237,278159	0,947114421
439,0658388	0,5	0,19625	2237,278159	0,947114421
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
13425,2237	0,5	0,19625	68408,78319	28,95971821
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
27503,04847	0,5	0,19625	140142,9221	59,32717037
27503,04847	0,5	0,19625	140142,9221	59,32717037

27503,04847	0,5	0,19625	140142,9221	59,32717037
27503,04847	0,5	0,19625	140142,9221	59,32717037
42,36362902	0,5	0,19625	215,8656256	0,091383115
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
27460,68484	0,5	0,19625	139927,0565	59,23578726
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
36429,84033	0,5	0,19625	185629,7596	78,58326491
36429,84033	0,5	0,19625	185629,7596	78,58326491
33715,61861	0,5	0,19625	171799,3305	72,72838324
33715,61861	0,5	0,19625	171799,3305	72,72838324
33715,61861	0,5	0,19625	171799,3305	72,72838324
33715,61861	0,5	0,19625	171799,3305	72,72838324
33715,61861	0,5	0,19625	171799,3305	72,72838324
33715,61861	0,5	0,19625	171799,3305	72,72838324
33715,61861	0,5	0,19625	171799,3305	72,72838324
31427,22821	0,5	0,19625	160138,7425	67,79206764
31427,22821	0,5	0,19625	160138,7425	67,79206764
31427,22821	0,5	0,19625	160138,7425	67,79206764
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
4576,780807	0,5	0,19625	23321,17609	9,872631209
26850,4474	0,5	0,19625	136817,5664	57,91943643
26850,4474	0,5	0,19625	136817,5664	57,91943643
26850,4474	0,5	0,19625	136817,5664	57,91943643
2288,390404	0,5	0,19625	11660,58804	4,936315605
2288,390404	0,5	0,19625	11660,58804	4,936315605
2288,390404	0,5	0,19625	11660,58804	4,936315605
1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682
1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682
1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682
1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682
1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682

1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682
1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682
1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682
1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682
1905,657109	0,5	0,19625	9710,354693	4,11071682
635,6004346	0,5	0,19625	3238,728329	1,371061659
1270,056674	0,5	0,19625	6471,626364	2,739655161
1270,056674	0,5	0,19625	6471,626364	2,739655161
1270,056674	0,5	0,19625	6471,626364	2,739655161
808,5646093	0,5	0,19625	4120,074442	1,744164847
808,5646093	0,5	0,19625	4120,074442	1,744164847
808,5646093	0,5	0,19625	4120,074442	1,744164847
808,5646093	0,5	0,19625	4120,074442	1,744164847
355,7684281	0,5	0,19625	1812,832755	0,767432533
355,7684281	0,5	0,19625	1812,832755	0,767432533
355,7684281	0,5	0,19625	1812,832755	0,767432533
452,7961812	0,5	0,19625	2307,241688	0,976732314
452,7961812	0,5	0,19625	2307,241688	0,976732314
452,7961812	0,5	0,19625	2307,241688	0,976732314
452,7961812	0,5	0,19625	2307,241688	0,976732314
452,7961812	0,5	0,19625	2307,241688	0,976732314
452,7961812	0,5	0,19625	2307,241688	0,976732314
452,7961812	0,5	0,19625	2307,241688	0,976732314
452,7961812	0,5	0,19625	2307,241688	0,976732314
452,7961812	0,5	0,19625	2307,241688	0,976732314

ANEXO C⁴

En este anexo se muestran los planos de la red de aire comprimido actual y de las nuevas propuestas.

⁴ Anexo C en propiedad de Profesor Guía